

Podstawy fizyczne elektrolecznictwa- diagnostyka i elektroterapia.

- 1) Wstęp
- 2) Prawa prądu stałego.
- 3) Przepływ prądu zmiennego – opis natężenia prądu i oporów elektrycznych
- 4) Zjawisko rezonansu elektrycznego - opis zjawiska.
- 5) Porównanie rezonansu klasycznego z rezonansem tzw. BRT.
- 6) Destrukcyjne oddziaływanie prądu na patogeny w metodzie tzw. BRT.
 - Wydzielanie się ciepła – wzrost temperatury uszkadzającej patogeny.
 - Oscylacyjne (polaryzacyjne) oddziaływanie prądu na patogeny - destrukcja mechaniczna.
 - Oscylacja ciśnienia - na skutek okresowego dostarczonego ciepła - destrukcja mechaniczna.
- 7) Wnioski końcowe

1. WSTĘP

W XX i XXI wieku człowiek jako gatunek biologiczny zetknął się z nowym wyzwaniem, które może ograniczyć jego rozwój. Jest to zanieczyszczenie środowiska naturalnego powodujące, między innymi, rozwój różnego rodzaju patogenów szkodliwych dla człowieka.

Temat pracy związany jest z zagadnieniem elektrodiagnostyki oraz niszczenia patogenów w organizmie człowieka przy pomocy prądu elektrycznego. Bardzo popularna jest tu metoda rezonansowa, zarówno do szerokiej w swoim zakresie diagnostyki oraz do niszczenia pasożytów.

Ponieważ twierdzi się, że metoda ta do tej pory nie znalazła racjonalnego wytłumaczenia na gruncie fizyki (owszem tłumaczy się ją często opierając się na fizyce kwantowej, wprowadzając do rozważań fale elektromagnetyczne- i słusznie), ale celem tej pracy jest pokazanie, że na gruncie fizyki klasycznej, w oparciu o prawa elektrotechniki można opisać działanie tej metody dla zdiagnozowania i sposobu niszczenia choćby różnorodnych patogenów.

2. PRAWA PRĄDU STAŁEGO

Tych praw jest kilka, jak prawa Kirchoffa (I i II) oraz prawo Ohma. Rozpatrzmy tu tylko prawo Ohma. Wyrażone jest ono przez związek

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.1)$$

gdzie

- I - natężenie prądu elektrycznego w amperach [A]
- U - napięcie między początkiem a końcem przewodnika (Rys.2.1) w woltach [V]
- R - opór elektryczny (rezystancja).

Z prawa Ohma wynika, że

$$R = \frac{U}{I} \quad (2.2)$$

Jednostką oporu jest „om” (Ω)

$$1\Omega = 1 \frac{V}{A} \quad (2.3)$$

Rezystancję opisuje zależność

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.4)$$

gdzie

- l – to długość przewodu [m],
- S – to pole przekroju przewodnika,
- ρ - to opór właściwy (rezystywność) materiału przewodnika.

Z (2.4) wynika, że

$$\rho = \frac{R S}{l} \quad \left[\frac{\Omega m^2}{m} = 1\Omega m \right] \quad (2.5)$$

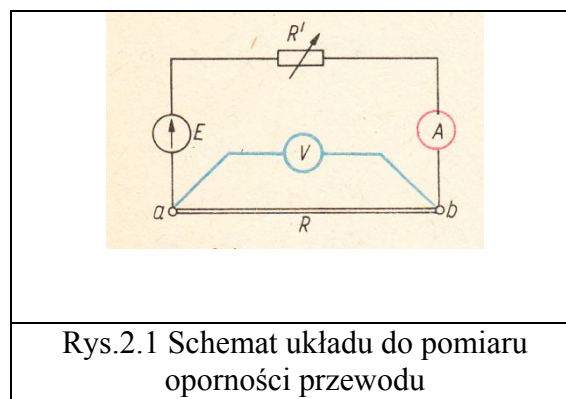
Opór właściwy jest własnością materii i można go znaleźć w tablicach fizycznych. Odwrotnością rezystancji jest kondukcja G. Z prawa Ohma wynika, że

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{R} U = G U \quad (2.6)$$

Jednostką kondukcji jest *simens* [$S = \frac{1}{\Omega}$].

Na Rys. 2.1 przedstawiono obwód prądu stałego do pomiaru rezystancji przewodu a-b.

Składa się on ze źródła napięcia E (np. akumulator), regulowanego opornika R' , amperomierza A, woltomierza V oraz badanego przewodu o nieznannej oporności R.



3. PRZEPIY W PRĄDU ZMIENNEGO

Prąd taki wytwarzany jest w prądnicach (maszynach obrotowych). Jest to prąd zmienny sinusoidalny.

Odpowiednikiem prawa Ohma jest tutaj zależność (3.1)

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U}{Z} \quad (3.1)$$

gdzie:

- Z – to impedancja instalacji prądu zmiennego

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (3.2)$$

- R – to opór elektryczny jak dla przepływu prądu stałego .

- L- to indukcyjność własna cewek (przewodów) instalacji prądu zmiennego. Jednostką tej indukcyjności jest *henr* (1H).

$$1[H] = 1 \frac{V \cdot s}{A}$$

- C- to pojemność elektryczna instalacji prądu zmiennego. Pojemność C występuje wtedy jeżeli między dwoma elektrodami (przewodnikami) - oddzielonymi od siebie dielektrykiem, a więc materiałem nie przewodzącym prądu elektrycznego, występuje napięcie prądu U. Wówczas między tymi elektrodami (okładkami kondensatora) gromadzi się ładunek elektryczny Q. Pojemność C jest zdefiniowana jako

$$C = \frac{Q}{U} \quad (3.3)$$

Jednostka pojemności jest farad (F)

$$1[C] = \frac{1[Q]}{1[U]} = 1 \frac{C}{V} = 1 \frac{A \cdot s}{V} = 1 F$$

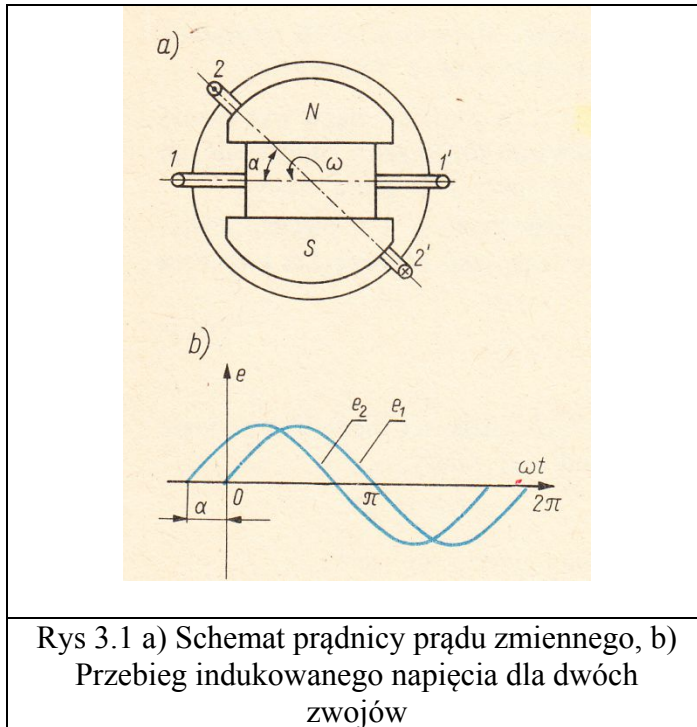
W powyższej zależności duże C w trzecim ułamku oznacza jednostkę ładunku elektrycznego zwaną kulombem. Ładunek ten równy jest iloczynowi ampera przez sekundę. Tak więc wymiarem kulomba jest amperosekunda. Zmiana ładunku elektrycznego Q w czasie definiuje przepływ prądu elektrycznego. Na bazie (3.3) można bowiem napisać

$$i = C \frac{\Delta u}{\Delta t} \quad (3.4)$$

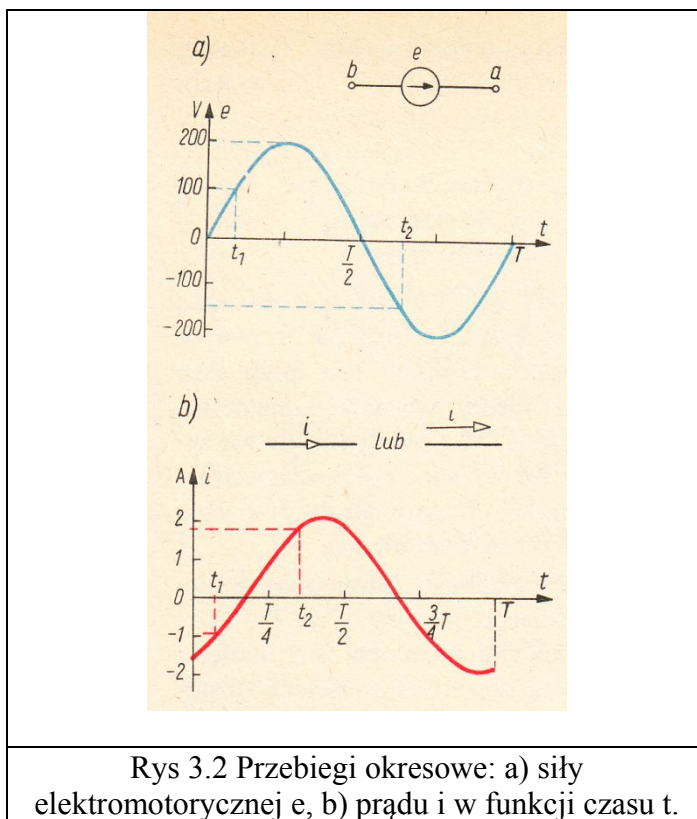
- ω - to prędkość kątowna. Jak mówiono wcześniej, prąd elektryczny produkuje się w maszynach obrotowych, zwanych prądnicami. Przedstawia to schematycznie Rys. 3.1. Wirnik z magnesami obraca się w obudowie zwanej stojanem, w której są zwoje przewodów. Występuje wówczas zjawisko indukcji elektromagnetycznej czyli generowania się napięcia (siły elektromotorycznej e) i prądu w zwojach stojana. Warunkiem koniecznym jest aby pole magnetyczne było zmienne w czasie. To jest zapewnione w rozpatrywanym przypadku z uwagi na rozkład linii pola magnetycznego w magnesie oraz ruch obrotowy wirnika. Na linii poziomej rysunku występuje wielkość $\alpha = \omega t$ zwana kątem fazowym wyrażonym w radianach.

Dla ruchu obrotowego po okręgu (i nie tylko) radian jest zdefiniowany poprzez stosunek długości obwodu okręgu do promienia.

Dla przebiegów okresowo zmiennych napięcia (e) i natężenia prądu (i) jak na Rys. 3.1 i Rys.3.2 wyróżniamy tzw. **okres T**. Jest to najmniejszy przedział czasu po którym powtarza się identycznie przebieg czasowy dla napięcia i prądu. Okres T mierzymy w sekundach.



Rys 3.1 a) Schemat prądnicy prądu zmiennego, b) Przebieg indukowanego napięcia dla dwóch zwojów



Rys 3.2 Przebiegi okresowe: a) siły elektromotorycznej e , b) prądu i w funkcji czasu t .

Odwrotnością okresu, równą liczbie okresów przypadających na jedną sekundę, nazywamy częstotliwością f . Związek między nimi to

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.5)$$

Jednostką częstotliwości jest *herc* (1 Hz).

$$1[f] = \frac{1}{T} = \frac{1}{s} = s^{-1} = 1 \text{ Hz}$$

W czasie jednego obrotu magnesnica (wirnik) w prądnicy zakreśla pełny kąt = 2π radianów, gdzie $\pi = 3,14$. Wynika to stąd, iż przy pełnym obrocie kąt $\alpha = 360^\circ$, stąd ten sam kąt wyrażony w radianach jest równy $\alpha = \frac{\text{obwód}}{\text{promień}} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$ radianów. Zatem w czasie T jednego obrotu, magnesnica zakreśla kąt pełny 2π radianów. Można postawić pytanie, w jakim czasie t magnesnica obróci się o dowolny kąt α ?

Z proporcji

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{\alpha}{t} \rightarrow \alpha \cdot T = 2\pi \cdot t$$

wynika

$$\alpha = \frac{2\pi \cdot t}{T} = 2\pi f \cdot t \quad (3.6)$$

W powyższym zawiązku wielkość

$$\frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \frac{\text{rad}}{s} \text{ to prędkość kątowna } \omega.$$

czyli prędkość kątowna ω opisuje związek

$$\omega = 2\pi f \quad \frac{\text{rad}}{s}$$

Odpowiadając na powyższe pytanie napiszemy w oparciu o (17.4), iż w czasie t magnesnica obróci się o kąt α równy

$$\alpha = \omega t \quad [\text{rad}] \quad (3.7)$$

Podsumowując powyższe oznaczenia mamy:

T – okres (s),

f - częstotliwość ($1/s = s^{-1} = \text{Hz}$),

ω - prędkość kątowna (rad/s),

$\alpha = \omega t$ to kąt fazowy (rad),

$n = 60 f$ to prędkość obrotowa wyrażona w obrotach na minutę (obr/min).

Przykładowo dla $f = 50 \text{ Hz}$ mamy:

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ (rad/s)},$$

$$n = 60 f = 60 \cdot 50 = 3000 \text{ (obr/min)}.$$

Indukcja własna

Warto w tym miejscu omówić w skrócie tzw. **indukcję własną**. Przepływowi prądu przez cewkę towarzyszy wytwarzanie się strumienia magnetycznego. Każda zmiana prądu w cewce wywołuje w niej zmianę strumienia magnetycznego, a z kolei ta zmiana powoduje indukowanie się (generację) napięcia w przewodniku który jest usytuowany w pobliżu cewki. Okazuje się także, że ta zmiana strumienia magnetycznego działa także na samą cewkę, wywołując w niej indukowanie się siły elektromotorycznej (napięcie $e = u_L$).

Zjawisko indukowania się napięcia w cewce pod wpływem zmian prądu płynącego przez tę cewkę nazywa się zjawiskiem *indukcji własnej*, *indukcją własną* albo *samoindukcją*. Indukowaną siłą elektromotoryczną e opisuje zależność

$$e = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (3.8)$$

gdzie L – jest nazywane *indukcyjnością własną cewki*,

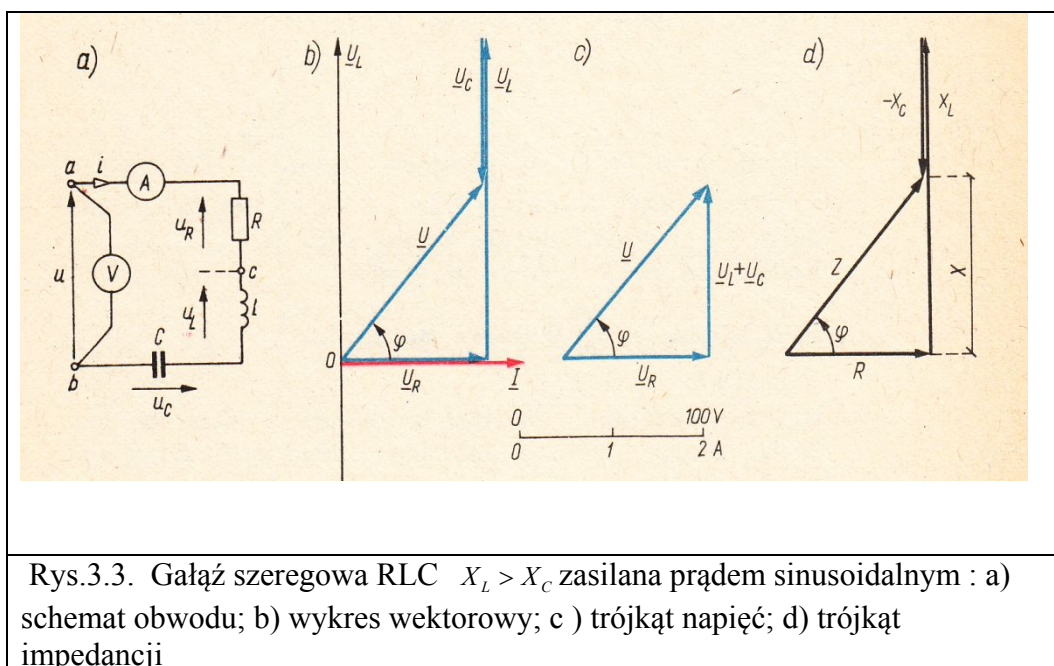
$\Delta i / \Delta t$ - zmiana czasowa prądu płynącego przez cewkę.

Współczynnik L można wyznaczyć dla danej cewki przepuszczając przez nią prąd zmienny o znanej prędkości kątowej ω . Wykorzystując wzór (3.1) (bez składnika pojemnościowego C) otrzymamy związek

$$i = \frac{u}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad (3.1a)$$

z którego przy znajomości oporu R można wyznaczyć współczynnik indukcji własnej L.

Z powyższego związku widać, iż indukcja własna powoduje dodatkowy opór $(\omega L)^2$, który powoduje zmniejszenie natężenia prądu. Na Rys 3.3 pokazano rozkład napięć i oporów na elementach: R (związany z oporem omowskim), L (związany z indukcyjnością cewki) oraz C (związany z pojemnością kondensatora). Ich zmiany względem siebie są przesunięte w czasie (co wyraża kąt φ na Rys.3.3).



Rys.3.3. Gałąź szeregową RLC $X_L > X_C$ zasilana prądem sinusoidalnym : a) schemat obwodu; b) wykres wektorowy; c) trójkąt napięć; d) trójkąt impedancji

Warto tu zwrócić uwagę, iż prosty przewód elektryczny posiada też indukcyjność własną L. Jest to graniczny przypadek cewki indukcyjnej gdy ilość zwojów $z=1$. Podobnie jest z pojemnością C. Pojedynczy przewód elektryczny (bez kontaktu fizycznego z ziemią) posiada też pewną pojemność, ponieważ powietrze jest dielektrykiem, a ziemia pełni rolę drugiej okładki kondensatora.

4. ZJAWISKO REZONANSU ELEKTRYCZNEGO

Zależność na impedancji instalacji prądu zmiennego Z w zależności (3.2) można przedstawić w postaci

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (4.1)$$

gdzie

$$X_L = \omega L \text{ -reaktancja indukcyjna}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ -reaktancja pojemnościowa}$$

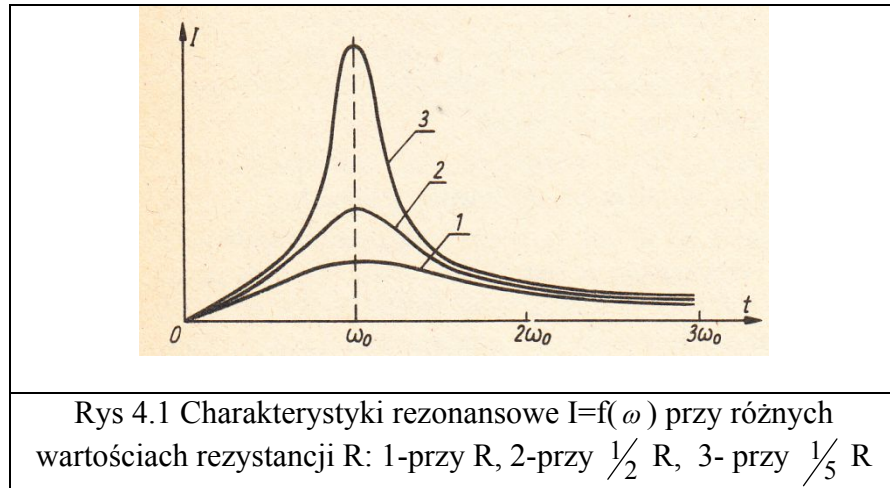
$$X = X_L - X_C \text{ -reaktancja wypadkowa}$$

Z tymi trzema oporami R , X_L oraz X_C związane są prądy i napięcia

Na Rys.3.3 pokazano, iż dla poszczególnych oporów przyporządkowane są im prądy i napięcia. Warto tu zwrócić uwagę, iż napięcia związane z indukcyjnością i pojemnością są skierowane przeciwnie (Rys.3.3b). Gdyby ich wartości bezwzględne były takie same to wówczas te napięcia by się kasowały, tzn. ich reaktancja wypadkowa jest wtedy zero

$$X = X_L - X_C = 0 \quad (4.2)$$

i pozostałby w równaniu (4.1) tylko opór R i prąd z tym związany. Taki przypadek nazywamy rezonansem elektrycznym (napięć). Przebieg prądu w takim przypadku pokazany jest na Rys.4.1.



Jak widać przy rezonansie natężenie prądu elektrycznego gwałtownie rośnie. Maksymalna jego wartość zależy tylko od oporu omowskiego R . Jeżeli ten opór gwałtownie maleje, to rośnie wówczas bardzo silnie maksymalna wartość natężenia prądu. Prowadzi to często do tzw. **przebieg** podczas których dochodzi do wzrostu temperatury i przepalenia się bezpieczników, na przykład w domowej instalacji elektrycznej, na skutek wzrostu wydzielania się ciepła z przepływającego prądu.

Jak wiadomo, przy przepływie prądu wydzielano się ciepło, które opisuje prawo Joulea – Lenza formułą (4.3)

$$Q_c = R I^2 t \quad (4.3)$$

gdzie: Q_c - ilość ciepła w dżulach,

R - opór w omach,

I – prąd w amperach,

t – czas w sekundach

Prawo Joulea – Lenza mówi, iż ilość ciepła wydzielanego w przewodniku pod wpływem płynącego prądu elektrycznego jest proporcjonalna do rezystancji R przewodnika, do kwadratu prądu I oraz czasu t przepływu prądu.

Warto tu zwrócić uwagę na trzy aspekty związane z rezonansem :

- Rezonans elektryczny w instalacji domowej jest szkodliwy, bo może prowadzić do awarii, natomiast w metodzie dr Clark jest korzystny, bo służy do identyfikacji patogenów, a następnie do ich destrukcji.
- Patrząc na zależności (3.1) oraz (4.1) widać, iż w modelu rezonansu elektrycznego występują dwa parametry materiałowe: **indukcyjność własna L oraz pojemność C** . Są one cechą charakterystyczną dla materii. Wobec tego w tym świetle nie dziwi odkrycie dr Huldy Clark, że częstotliwość rezonansowa jest cechą charakterystyczną dla każdego patogena.

- Z powyższych względów uzasadnione jest także odkrycie choćby dr Clark (związana z metodami BRT), iż częstotliwość rezonansowa dla patogenów martwych i żywych różni się między sobą niewiele, bo o kilka procent. Wynika to praktycznie z tych samych wartości parametrów L i C dla obu osobników tj. żywych i martwych.

Zależność (4.2) można zapisać jako

$$\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = 0 \quad (4.4)$$

z którego uzyskuje się równanie kwadratowe

$$\omega^2 LC = 1 \quad (4.5)$$

a z niego wartość prędkości kątowej ω w warunkach rezonansu.

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (4.6)$$

Biorąc pod uwagę związek między prędkością kątową ω a częstotliwością f uzyskujemy ostatecznie wyrażenie na f w warunkach rezonansu

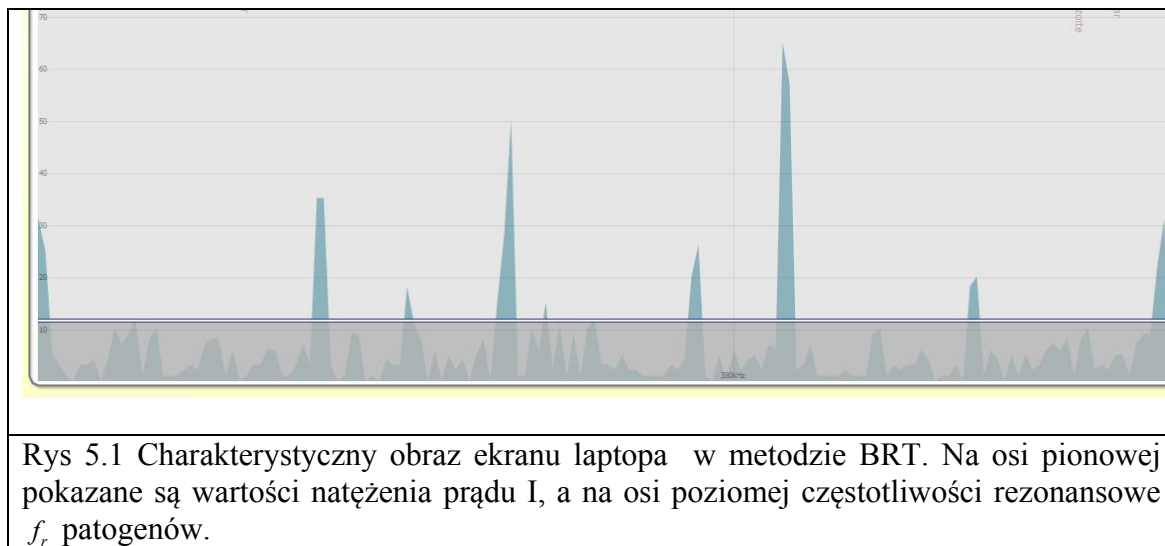
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} = 0,159 \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (4.7)$$

Jak widać częstotliwość rezonansowa zależy tylko od wartości parametrów materiałowych L i C, a więc rodzaju patogena.

5. PORÓWNANIE REZONANSU KLASYCZNEGO Z REZONANSEM W METODZIE BRT.

Zmiana prądu w czasie klasycznego rezonansu elektrycznego podobna jest do przebiegu prądu jaki obserwuje się podczas diagnostyki rezonansowej w w/w metodzie – Rys.5.1. Są jednak pewne drobne różnice między nimi.

1. W metodzie BRT prąd jest zmienny, ale dodatnio spolaryzowany. W omawianej powyżej analizie klasycznych prądów zmiennych, napięcie zmienia się od wartości ujemnych do dodatnich.
2. Profil napięcia w metodzie BRT jest prostokątny, zaś w metodzie klasycznej sinusoidalny.
3. W nawiązaniu do Rys. 4.1 natężenie prądu jest przedstawione w funkcji prędkości kątowej ω , zaś w BRT (Rys. 5.1) w postaci częstotliwości f . Ale dzieląc wartości ω przez 2π na współrzędnej poziomej (odciętych na Rys. 4.1) otrzymamy wartości częstotliwości f (bo $\omega/2\pi = f$), tak jak u BRT (Rys.5.1).



Przebieg sygnałów na Rys.5.1 w funkcji $I = F(f)$ pokazuje, iż wykryto tu dziewięć patogenów, dla których rezonansowe natężenie przepływu prądu przekracza wartość referencyjną (linia pozioma). Poniżej tej linii są też mniejsze piki sygnałów, które oznaczają istnienie innych drobnoustrojów, ale w niewielkiej ilości.

To co różni najbardziej rezonanse w obu omawianych tu metodach, to jest użycie dotatnio spolaryzowanego prądu w metodzie BRT. **Taki spolaryzowany prąd o bardzo dużym natężeniu (w warunkach rezonansu) działa bardzo destrukcyjnie na patogeny.**

6. DESTRUKCYJNE ODDZIAŁYWANIE PRĄDU NA PATOGENY W METODZIE ELEKTROREZONANSOWEJ.

Mając na uwadze fizykę zjawiska rezonansu elektrycznego w zastosowaniu do niszczenia patogenów, można oczekiwać występowania trzech zjawisk fizycznych, w których to zachodzi. Są to:

- wzrost temperatury w patogenie zawiązany ze zjawiskiem wydzielania się ciepła podczas rezonansu,
- destrukcja mechaniczna patogenu na skutek polaryzacyjnego i oscylacyjnego oddziaływania prądu,
- destrukcja mechaniczna patogenu na skutek oscylacyjnego dostarczania ciepła.

a) Wpływ temperatury

Ilość energii cieplnej wydzielonej podczas przepływu prądu opisuje prawo Joulea-Lenza

$$Q_c = R I^2 t \quad (4.3)$$

Przy założeniu, że jest ono pochłaniane przez patogeny, ciepło to oznaczone jako Q_p można opisać wyrażeniem

$$Q_p = m_p c (\tau_2 - \tau_1) \quad (6.1)$$

gdzie: m_p - masa patogenu,

c - ciepło właściwe patogenu,

τ_1 i τ_2 - to temperatury początkowa i końcowa patogenu,

Z równości Q_c i Q_p według (4.3) i (6.1) wynika związek

$$RI^2 t = m_p c(\tau_2 - \tau_1) \quad (6.2)$$

Skąd wyliczymy końcową temperaturę τ_2

$$\tau_2 = \tau_1 + \frac{RI^2 t}{m_p c} \quad (6.3)$$

jeśli znane są: czas zabiegu t , opór R , natężenie prądu przy rezonansie I , ciepło właściwe c , masa patogenu m_p i temperatura początkowa τ_1 . Tu mogą być problemy ze znalezieniem wszystkich danych do policzenia temperatury końcowej τ_2 , ale można pokusić się o zrobienie przybliżonych obliczeń.

b) Wpływ polaryzacji

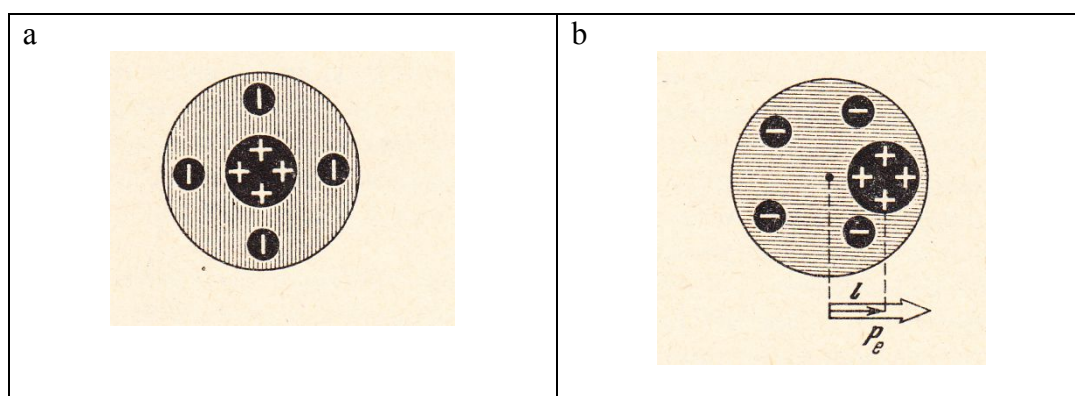
Dr Hulda Clark jak i inni badacze potwierdzają, że do zniszczenia patogenów nie powinien być używany prąd sinusoidalny, gdzie napięcie jest dodatnie w pierwszej połowie okresu T , a w drugiej jest ujemne. Przy takim prądzie nie obserwowano pozytywnego wpływu prądu na niszczenie patogenów.

W metodzie dr Clark to napięcie było dodatnio spolaryzowane i zmieniało się od: +1 V do +9 V. Przy takim procesie zachodzi zjawisko polaryzacji, a następnie występuje siłowe oddziaływanie prądu na patogeny.

Na Rys.6.1 przedstawiono w sposób ideowy mechanizm polaryzacji na przykładzie atomu, wchodzącego w skład cząsteczki.

Dla przypadku a) mamy układ obojętny elektrycznie z symetrycznym rozkładem ładunków dodatnich i ujemnych.

Dla przypadku b) mamy przypadek, gdzie pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego nastąpiło przesunięcie ładunków elektrycznych i układ stał się niesymetrycznym. To jest symulacja przypadku w metodzie dr Clark, gdzie prąd zmienny dodatnio spolaryzowany (+) oddziałuje na patogeny w wyniku czego następuje u nich rozdzielenie ładunku (przypadek b). Prąd spolaryzowany dodatnio będzie przyciągał do siebie ładunki ujemne w patogenach, bo jak wiadomo ładunki jedno imienne odpychają się, a różno imienne przyciągają się. W wyniku tego oscylacyjny przepływ prądu wywołuje oscylacyjne ruchy patogenu. Taki ruch prowadzi dalej do jego destrukcji mechanicznej w wyniku pojawienia się wtedy stosunkowo dużych sił bezwładności.



Rys. 6.1. Polaryzacja dielektryka. a) Symetryczny rozkład ładunków elektrycznych w atomie cząsteczki. Minusy to elektrony a plusy to protony. Atom jest wtedy obojętny elektrycznie. b) Układ niesymetryczny ładunków - spolaryzowany. Tu nastąpiło oddziaływanie zewnętrznego pola elektrycznego na atom.

c) Wpływ oscylacyjnego dostarczania ciepła

Z termodynamicznego punktu widzenia doprowadzenie ciepła do układu (tu patogenu) powoduje wzrost w nim ciśnienia. Ciepło jest dostarczane przez prąd elektryczny (w warunkach rezonansu) przy zmiennym (dodatnio spolaryzowanym napięciu) w granicach $U = 1 \div 9 V$. Zmiana napięcia, co do wartości, wywołuje podobne oscylacyjne zmiany ilości tego ciepła, co przekłada się na zmiany ciśnienia i oscylacyjne ruchy patogenu. Ten czynnik wspiera dodatkowo efekt polaryzacji.

7. WNIOSKI KOŃCOWE

Celem opracowania było sformułowanie, na gruncie fizyki klasycznej i w oparciu o prawa przepływu prądu elektrycznego, opisu matematycznego działania rezonansowej metody elektrozonansowej. Ta metoda służy do diagnostyki oraz do niszczenia patogenów w organizmie człowieka. Posługując się literaturą przedmiotu, przedstawiono zatem podstawowe prawa rządzące przepływem prądu stałego i zmiennego oraz zjawiska indukcyjności i pojemności.

Szczególną uwagę zwrócono na zjawisko rezonansu elektrycznego, które występuje w pewnych warunkach. Opór przepływu prądu zmiennego reprezentuje tzw. impedancja Z , która zależy od oporu omowskiego R , indukcyjności własnej L oraz pojemności C . Dla zadanych wartości tych parametrów, przy pewnej określonej częstotliwości f_r (częstotliwości rezonansowej) dochodzi w obwodzie elektrycznym do nagłego wzrostu natężania prądu. To zjawisko nosi właśnie nazwę rezonansu elektrycznego.

W opracowaniu zrobiono porównanie dwu zjawisk: klasycznego rezonansu elektrycznego z rezonansem w metodzie BRT służącym do diagnostyki i destrukcji patogenów. W obu przypadkach występuje silny wzrost prądu przy rezonansie, ale dla celów niszczenia patogenów nadaje się tylko prąd dodatnio spolaryzowany, występujący w metodzie BRT.

Mając na uwadze niszczenie patogenów wytypowano trzy zjawiska fizyczne, które występują przy rezonansie i działają destrukcyjnie na patogeny. Są to: wydzielanie ciepła - powodujące wzrost temperatury negatywnie działający na patogeny, polaryzacja patogenów wprawiająca je w ruch oscylacyjny prowadzący do ich mechanicznego zniszczenia. To oddziaływanie polaryzacyjne jest wzmacniane przez ruch wywołany przez oscylacyjne wydzielanie ciepła powodujące lokalne wahanie ciśnienia. Te dwa cząstkowe zjawiska występują jednocześnie. Najważniejszy jest jednak składnik wynikający z polaryzacji. Bez użycia prądu spolaryzowanego dodatnio nie występuje efekt niszczący patogeny.

W modelach rezonansu występują dwie stałe materiałowe: indukcyjność własna L oraz pojemność C . W zastosowaniu do niszczenia patogenów są one charakterystyczne dla danego gatunku. Można stąd wyciągnąć ważny wniosek, iż częstotliwość rezonansowa jest prawie taka sama dla osobników żywych i martwych, ale tego samego gatunku. Taki wniosek potwierdzają badania wspomnianej już dr Clark, ale także wielu innych naukowców związanych z metodami BRT.

Gdańsk 2016