

Jeżeli, wykorzystując wzór $\varepsilon_r = \frac{C}{C_0}$, obliczymy względną przenikalność mierzonego medium, to dostaniemy: $\varepsilon_r = \frac{C_{100}}{C_0} = -10$. W takim przypadku układ znajdujący się blisko rezonansu daje nam taką odpowiedź elektryczną, która przez analizator impedancji może być zinterpretowana tak, że badany materiał, którym wypełniamy kondensator, ma ujemną przenikalność elektryczną. Tu każdemu eksperymentatorowi zapala się czerwona lampka, ponieważ otrzymał нефизyczną wartość (pojemności). Wynika to z tego, że mierzymy pojemność, a tak naprawdę dla tej częstotliwości układ bardziej zachowuje się jak indukcyjność. Analizator impedancji tak interpretuje wynik eksperymentu, ponieważ jest ustawiony przez mierzącego na pomiar pojemności elektrycznej, ale właśnie takie zjawisko prowadzi nas w efekcie końcowym do materiałów, które zachowują się tak, jakby dla pewnych częstotliwości miały ujemną przenikalność elektryczną.

Podsumowanie

Widzimy, że pomiar dał nam „ujemną” przenikalność elektryczną ośrodka, który badaliśmy. Otrzymaliśmy wynik dziwny, ponieważ wiemy, że kondensator wypełniliśmy materiałem o przenikalności elektrycznej 100. Przeanalizujmy, co do tego doprowadziło... Najbardziej ogólnie można stwierdzić, że sprawił to rezonans w układzie *LC*. Czyli pojawienie

się indukcyjności w układzie pomiarowym zmieniło wyniki pomiarów kondensatora pustego i pełnego (dla wybranej pulsacji). Pusta komórka dała w pomiarze dodatnią pojemność ($C_0 = 1,11 \text{ nF}$), a komórka napełniona dielektrykiem dała w pomiarze pojemność ujemną ($C_{100} = -11,1 \text{ nF}$). W przypadku kondensatora pustego analizator impedancji rejestrował ujemne przesunięcie fazowe napięcia w stosunku do prądu ($-\pi/2$). Stąd została zmierzona dodatnia pojemność pustego kondensatora. Natomiast w komórce z dielektrykiem mieliśmy przesunięcie dodatnie ($\pi/2$). I to dało ujemny wynik pomiaru pojemności kondensatora z dielektrykiem. Otrzymanie w pomiarze ujemnej przenikalności elektrycznej nie oznacza, że ten dielektryk, który umieściliśmy w kondensatorze, ma ujemną przenikalność. Taki wynik spowodowany jest rezonansem, który pojawił się w badanym układzie dla częstotliwości zbliżonej do częstotliwości pomiarowych. Wiktor Wiesielago, który badał własności elektryczne i magnetyczne różnych materiałów, zauważył ten efekt, i to dało impuls do teoretycznych rozważań dotyczących metamateriałów – materiałów, które wykorzystywałyby zjawiska bliskie rezonansom. Podobny efekt można zaobserwować w przypadku przenikalności magnetycznej ośrodka. O tym, że możemy zmierzyć ujemną przenikalność magnetyczną ośrodka, opowiemy w następnej części.



Zadania

Przygotował Dominik BUREK

M 1747. Pokazać, że istnieje zbiór złożony z 2023 liczb całkowitych, z których żadna nie jest dzielnikiem innej, oraz dla dowolnych trzech różnych liczb a, b, c z tego zbioru zachodzą podzielności

$$a \mid bc, \quad b \mid ca \quad \text{oraz} \quad c \mid ab.$$

Rozwiązanie na str. 14

M 1748. Na wyspie mieszkają tylko rycerze i kłamcy. Rycerz zawsze mówi prawdę, a kłamacz zawsze kłamie. Pewnego dnia 30 mieszkańców wyspy usiadło przy okrągłym stole. Każdy z nich widział wszystkich za wyjątkiem siebie i obu swoich sąsiadów. Każdy z siedzących przy stole wypowiedział zdanie: „Wszyscy, których widzę, są kłamaczami”. Ilu kłamaczów siedziało przy stole?

Rozwiązanie na str. 14

M 1749. Punkt P wewnątrz wielościanu wypukłego nazwiemy *punktem osiowym* tego wielościanu, jeśli każda prosta przechodząca przez P zawiera dokładnie 0 lub 2 wierzchołki tego wielościanu. Wyznaczyć największą możliwą liczbę punktów osiowych, jaką może mieć wielościan wypukły.

Rozwiązanie na str. 1

Przygotował Andrzej MAJHOFER

F 1073. Spektrum elektromagnetycznego promieniowania Słońca odpowiada promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze $T_S = 5772 \text{ K}$. Mierzony w pobliżu Ziemi strumień mocy promieniowanej przez Słońce, tzw. stała słoneczna, $I_S = 1361 \text{ W/m}^2$, odległość Ziemi od Słońca $R = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$, czas obiegu Ziemi wokół Słońca $t_0 = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$. Ile wynosi gęstość, ρ_S , materii Słońca? Stała grawitacyjna $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, a stała Stefana–Boltzmana $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$. Rozwiązanie na str. 6

F 1074. Mierzony w pobliżu Ziemi strumień mocy promieniowanej przez Słońce, tzw. stała słoneczna, $I_S = 1361 \text{ W/m}^2$. Źródłem tej energii są zachodzące wewnątrz Słońca reakcje termojądrowe. W organizmach żywych źródłem energii są reakcje chemiczne. Oszacuj, gdzie produkowana jest większa moc w stosunku do masy obiektu: w Słońcu czy w organizmie człowieka? Przydatne dane liczbowe: odległość Słońce–Ziemia $R = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$, masa Słońca $M_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, średnia masa człowieka $m_c = 75 \text{ kg}$ (tak przyjął konstruktor windy w domu Autora), temperatura ciała człowieka $T_c = 310 \text{ K}$, stała Stefana–Boltzmana $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$, gęstość wody $\rho_w = 10^3 \text{ kg/m}^3$. Rozwiązanie na str. 5