

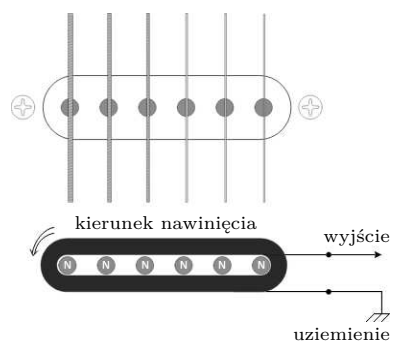
Gitara elektryczna, czyli od dźwięku do prądu i z powrotem

Wojciech BORKOWSKI*

*Uczeń, I klasa, Liceum Ogólnokształcące im. Księcia Józefa Poniatowskiego w Warszawie

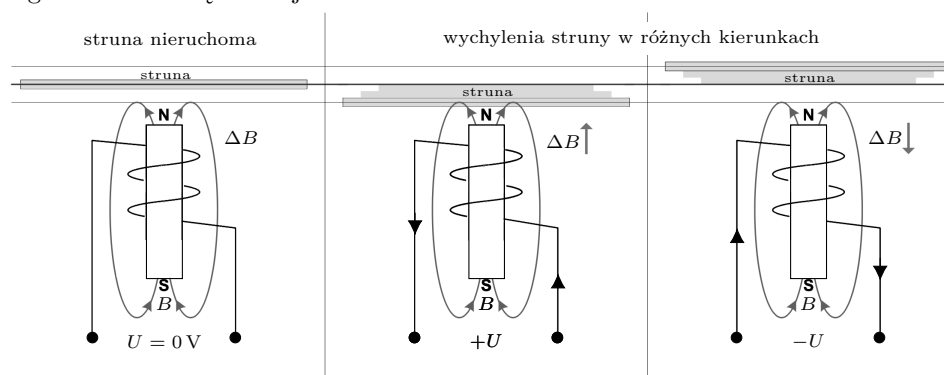
Gitara elektryczna jest bardzo ciekawym instrumentem – nie tylko z powodu ogromnego wachlarza brzmień, jakie pozwala uzyskać, czy faktu, iż odegrała wielką rolę w kształtowaniu takich gatunków muzycznych, jak rock, metal, rock and roll, blues czy jazz. O jej wyjątkowości świadczy również sposób, w jaki to niepowtarzalne brzmienie powstaje, i na tym właśnie chciałbym się skupić.

Jej pierwszy udany prototyp powstał w 1931 roku. Co ciekawe, wynalazek ten był pokłosiem nieszczęśliwego przypadku... Twórca pierwszej gitary elektrycznej, George Beauchamp, przez sześć lat eksperymentował ze wzmocnieniem brzmienia jej klasycznego odpowiednika, bez większych efektów. Dopiero po utracie pracy (w wytwórni gitar „National”) w pełni poświęcił się projektowi. Używając jedynie przedmiotów i narzędzi, jakie miał w domu, skonstruował przetwornik gitarowy. Pozwalał on na zebranie drgań strun w postaci impulsów elektrycznych, co otworzyło drogę do dowolnego wzmocnienia i modyfikowania sygnału elektrycznego, a to znajdowało odbicie w odmiennym, czystszy i agresywniejszym brzmieniu. Gitarę z wmontowanym przetwornikiem zbudował przyjaciel Beauchampa, Paul Barth. Gotowy prototyp, z powodu charakterystycznego kształtu, wynalazcy nazwali „patelnią” (*Frying Pan*).



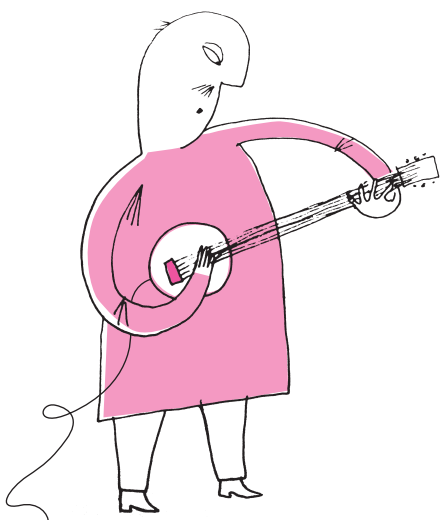
Rys. 1. Schemat przetwornika gitarowego

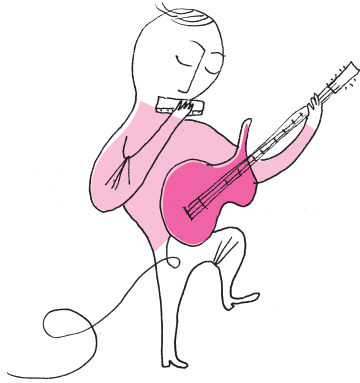
Choć budowa i wygląd gitary elektrycznej na przestrzeni czasu były udoskonalane i modernizowane, zasada jej działania nie uległa zmianie. Drgania strun zbierane są przez przetworniki, by potem w postaci impulsów elektrycznych trafić do wzmacniacza i tam ponownie stać się dźwiękiem. Jednak nadal pozostaje pytanie, jak to się dzieje? By to wyjaśnić, skupmy się najpierw na budowie przetwornika gitarowego (rys. 1). Zbudowany jest z sześciu magnesów i cewki, która je owija. Przetwornik umieszczony jest w taki sposób, aby pod każdą struną znajdował się jeden magnes. Dzięki takiemu umiejscowieniu gdy struna zacznie drgać, zaczyna oddziaływać z magnesem. Powstaje pole magnetyczne, które ulega ciągłym zmianom, zależnym od chwilowego położenia struny podczas drgania. Te zmiany w polu powodują ruch elektronów w cewce, który staje się impulsem elektrycznym gotowym do wysłania do wzmacniacza. Nie wyjaśnia to jednak, jak to się dzieje, że impulsy pochodzące od różnych dźwięków zagranych na gitarze po wzmocnieniu w głośniku brzmią inaczej.



Rys. 2. Schemat powstawania sygnału w przetworniku podczas ruchu struny. Gdy struna jest nieruchoma, nie występuje zmiana pola magnetycznego i napięcie na przetworniku jest równe 0 V. Drgania struny powodują okresowe zmiany strumienia magnetycznego, które są źródłem siły elektromotorycznej. W cewce pojawia się prąd przemienny, a znak napięcia zależy od kierunku ruchu struny

Aby to wyjaśnić, musimy przyjrzeć się bliżej strunom. Zatem zastanówmy się nad tym, w jaki sposób struna wydaje dźwięk. Jej drgania wprawiają w ruch powietrze, a drgające powietrze trafia do naszego ucha, co mózg interpretuje jako dany dźwięk. Żeby stwierdzić, czy dźwięk jest wysoki, czy niski, nasz mózg sprawdza, jak szybko drga membrana, a co za tym idzie, jak szybko





drga powietrze poruszone przez strunę. Zatem im szybciej struna drga, tym wyższy dźwięk. Jednocześnie im szybciej struna drga, tym szybciej zachodzą zmiany w polu i kierunku ruchu elektronów w cewce. W zależności od tego, jak szybko zmienia się kierunek prądu składającego się na dany impuls, jest on potem przetworzony we wzmacniaczu na dźwięk wysoki lub niski. To częściowo wyjaśnia sprawę, jednak nadal nie wiemy, jak to się dzieje, że struna drga szybko albo wolno. Kluczową rolę odgrywają tu naciąg, masa i grubość struny. Im bardziej jest ona naciągnięta, tym trudniej ją wprawić w drganie i tym szybciej szarpnięta wraca do pierwotnego położenia. To przekłada się na większą częstotliwość, a tym samym na wyższy dźwięk. Im struna grubsza, tym mniej jest ona naciągliwa, co pozwala na lepszą jakość vibracji przy mniejszym naciągu, gdyż nie staje się ona luźna i nie traci swoich właściwości. Mimo że różnice mas strun są znacznie trudniejsze do zaobserwowania od tych w naciągu czy grubości, również wpływają na częstotliwość drgań. Im struna cięższa, tym trudniej wprawić ją w drganie, jednak i trudniej zatrzymać. Stąd im cięższa struna, tym niższy dźwięk. Poza tym dzięki gryfowi i progom mamy większą kontrolę nad brzmieniem. Progi to wypukłości na gryfie (szyi) gitary. Wyznaczają one miejsca, w których możemy skrócić długość struny, co podwyższa jej ton. Jak to się dzieje? Im krótsza struna, tym szybciej wraca po wychyleniu do swojego pierwotnego położenia, co oznacza większą częstotliwość, czyli wyższy dźwięk (przy ustalonych wszystkich pozostałych parametrach częstotliwość jest odwrotnie proporcjonalna do długości struny). Progi są ułożone w taki sposób, by różnice pomiędzy poszczególnymi dźwiękami były przyjemne dla ucha ludzkiego. Na przestrzeni wieków odkrywano dźwięki oraz stosunki częstotliwości między nimi. Potem zostały usystematyzowane i nazwane, czego efektem są nuty. Poszczególne ich konfiguracje nazywane interwałami są zestawieniami nut o szczególnej odległości. Zbiory nut określonych poszczególnymi interwałami nazywamy skalami. Skale pomagają muzykom poruszać się po gryfie tak, by uzyskać oczekiwane brzmienie. Są wskazówkami co do tego, które zestawy nut brzmią wesoło, mrocznie, smutno lub bluesowo, rockowo czy funkowo.

Teraz pora skupić się na wzmacniaczu. Jak to się dzieje, że prąd znowu staje się dźwiękiem, i to jeszcze zmodyfikowanym? Otóż urządzenie to składa się z dwóch części: przedwzmacniacza i głośnika. Pierwszy z nich odpowiedzialny jest za modyfikację i przygotowanie impulsów do wysłania do słuchacza. Drugi zaś „odczytuje” impulsy i przekłada je na vibracje membrany głośnika, a stamtąd dźwięk trafia prosto do ucha słuchacza. Przedwzmacniacz to tak naprawdę odbiornik impulsów elektrycznych, który za pomocą wbudowanych lub podpiętych efektów, czyli obwodów, które zmieniają pewne parametry impulsów według określonej zasady, przygotowuje je do przesłania dalej. Najczęściej stosowany efekt to overdrive. Poszerza on przekrój częstotliwości impulsu poza skalę tolerowaną przez głośnik, przez co membrana w punktach szczytowych fali zatracza właściwości i odtwarza charakterystyczne „charczące, chrypiące” rockowe brzmienie gitary. Głośnik z kolei otrzymuje jedynie instrukcje od przedwzmacniacza. Głośnik jest to membrana z magnesem zawieszonym w środku cylindrycznej komory. Na ścianki komory nawinięta jest cewka, która na zasadzie opisanej wcześniej przy przetworniku pozostaje z magnesem w polu magnetycznym. Otrzymując impulsy z przedwzmacniacza, cewka zaburza to pole, co wprawia magnes w ruch i tym samym membranę w drganie. Im wyższy dźwięk został odebrany z gitary, tym proporcjonalnie częściej wibruje magnes i membrana. Membrana jest naciągnięta w pewien sposób i ma pewną grubość, co ogranicza spektrum dostępnych dźwięków. Zostało to, jak opisałem wyżej, wykorzystane przy pozyskaniu agresywnego brzmienia „overdrive”.



Rozwiązanie zadania M 1667.

Oznaczmy przez x_1, x_2, \dots, x_k , gdzie $k \leq 2000$, miejsca zerowe wielomianu P . Ponieważ równanie $x^2 - 1 = x_i$ ma co najwyżej dwa rozwiązania, to co najwyżej $k - 1700$ miejsc zerowych P leży poza przedziałem $[-1, +\infty)$ - zbiorem wartości $x^2 - 1$. Podobnie, równanie $1 - x^2 = x_i$ ma co najwyżej dwa rozwiązania, więc co najwyżej $k - 1350$ miejsc zerowych P leży poza przedziałem $(-\infty, 1]$ - zbiorem wartości $1 - x^2$.

Wobec tego co najmniej $k - (k - 1350) - (k - 1700) = 3050 - k > 1002$ miejsc zerowych P leży w przedziale $[-1, 1]$, a stąd i z zasady szufladkowej Dirichleta znajdziemy wśród nich takie dwa, których odległość jest mniejsza niż 0,002.

Tak oto gitara elektryczna, dzięki wyjątkowemu sposobowi pozyskania dźwięku i niepowtarzalnemu brzmieniu najbardziej ikoniczny instrument muzyki zachodniej, okazuje się zwyczajnym kawałkiem drewna z drutami i magnesem. . . A może nadal skrywa w sobie pewną magię?