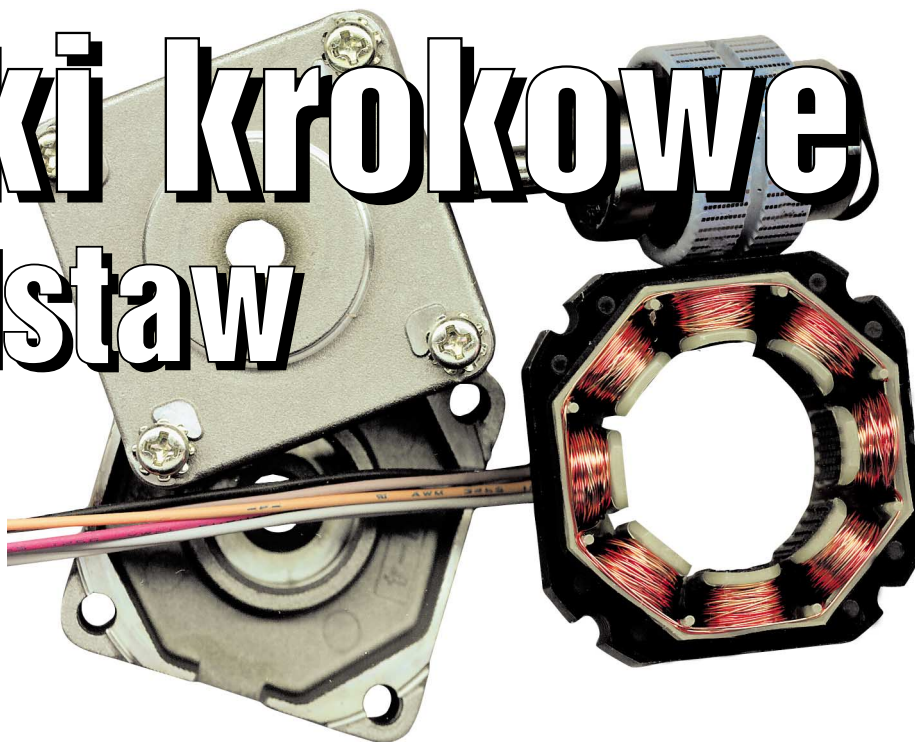


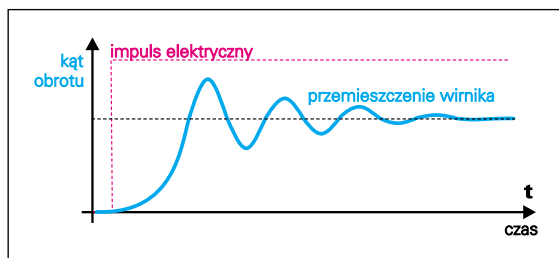
# Silniki krokowe od podstaw

## część 4 - sterowanie



### Drgania

Fakt, że silniki krokowe zasilane są impulsami, wydaje się zaletą i dobrodziejstwem. Niewątpliwie ułatwia to sterowanie, zwłaszcza silników unipolarnych. Sterowanie impulsami prostokątnymi nie daje jednak idealnie „gładkich” ruchów wirnika. **Rysunek 41** pokazuje odpowiedź wirnika po podaniu impulsu sterującego. Wirnik i obciążenie mają pewną bezwładność. W rezultacie przed osiągnięciem stanu ustalonego wystąpią drgania. W niektórych przypadkach, gdy potrzebna jest duża precyzja sterowania, tak duże drgania są bardzo niekorzystne, czasem niedopuszczalne. Nie ma prostego sposobu pozbycia się ich. Można próbować stosować tłumiki mechaniczne, ale najprościej jest wykorzystać w takich przypadkach silnik o mniejszym skoku – wtedy mniejszy jest zarówno skok jednostkowy, jak i oscylacje.



Rys. 41

O częstotliwości i wielkości tych oscylacji decyduje głównie masa wirnika oraz wielkość i rodzaj obciążenia. Jeśli silnik miałby pracować przy stosunkowo dużych prędkościach, skłonność do oscylacji całkowicie uniemożliwi pracę przy częstotliwości impulsów odpowiadającej mechanicznej czę-

stotliwości rezonansowej. Wirnik będzie wtedy drgał, a nie obracał. Przy sterowaniu pełnokrokowym problem ten silnie daje o sobie znać. Przy sterowaniu półkrokowym – znacznie mniej. Jest to jeden z ważniejszych powodów, dla których częściej wykorzystuje się sterowanie półkrokowe albo...

### Sterowanie mikrokrokowe

Głębsza analiza rysunków 38 i 39 wskazuje, że różnicując natężenie prądu w uzwojeniach silnika, można byłoby uzyskać pośrednie położenia wirnika między biegunami. Skrupulatni Czytelnicy na pewno już też zauważyli, że sterujące sekwencje półkrokowe przypominają trochę przebieg sinusoidalny. Obrazuje to **rysunek 42**. Jeden znak plus albo minus oznacza, że włączone jest jedno uzwojenie, dwa znaki, że w danej chwili pracują dwa uzwojenia – porównaj

rysunki 38 i 39. Wypadkowy „przebieg” jest znacznie „łagodniejszy”, niż „kanciasty” przebieg prostokątny przy sterowaniu pełnokrokowym. Wyjaśnią to po części, dlatego wirnik

przy sterowaniu półkrokowym ma mniejszą tendencję do drgań rezonansowych.

Nietrudno się domyślić, że jeśli udało się zwiększyć gładkość przebiegu sterującego, pozwoliłoby to sterować silnik jeszcze precyzyjniej i z mniejszymi oscylacjami. Nasuwa się tu, dziw-

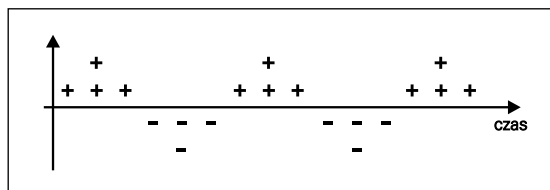
ny na pierwszy rzut oka wniosek, że najlepiej byłoby sterować silnik krokowy odpowiednio przesuniętymi przebiegami sinusoidalnymi.

I tak jest naprawdę.

Dla uzyskania gładkiego ruchu przebiegi sterujące dwa uzwojenia silnika bipolarnego powinny być przebiegami sinusoidalnymi, przesuniętymi w fazie o 90 stopni, co daje przebieg sinusoidalny i kosinusoidalny.

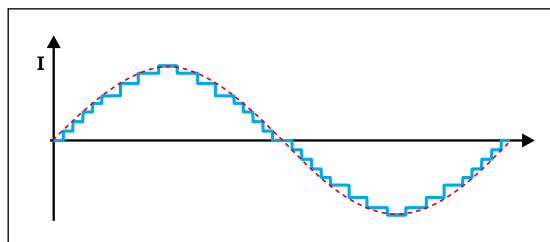
Oczywiście poważnie skomplikowałoby to sterownik, ponieważ, po pierwsze, do zmiany wartości prądu potrzebny byłby jakiś bardziej złożony układ niż cztery klucze tranzystorowe. Po drugie, ponieważ silniki krokowe zwykle podczas pracy mają zatrzymywać się w ściśle określonym położeniu, należy zachować możliwość „zamrożenia” chwilowych wartości prądu.

Ciąg dalszy na stronie 24.



Rys. 42

Rys. 43



*Ciąg dalszy ze strony 21.*

Przy obecnym stanie techniki problemy te można z powodzeniem rozwiązać. W praktyce uzyskuje się to przez wykorzystanie nie „czystej sinusoidy”, tylko przebiegu schodkowego. **Rysunek 43** pokazuje przykładowy przebieg prądu w uzwojeniu silnika bipolarnego przy zastosowaniu przetwornika 3-bitowego. Oznacza to, że wirnik można sterować tak, by wykonywał maleńkie kroki, nieosiągalne przy sterowaniu pełno- czy nawet półkrokowym.

Taki sposób ze skokową zmianą wartości prądu nazywamy **sterowaniem mikro-kro-kowym**.

Sterowanie mikro-krokowe pozwala, po pierwsze, ustawić wirnik precyzyjnie pomiędzy pozycjami dostępnymi przy sterowaniu

pół- czy pełnokrokowym. Po drugie, zapewnia płynny ruch wirnika także przy najmniejszych częstotliwościach. Są to niebagatelne zalety, ale wymagają skomplikowanego sterownika, który pozwala wytworzyć prawidłowe przebiegi pseudosinusoidalne o ściśle określonej, regulowanej częstotliwości, odpowiednio przesunięte w fazie. Można do tego zastosować mikroprocesor i szereg dodatkowych elementów. Wykorzystywane są też specjalizowane układy scalone.

W dążeniu do zwiększania precyzji pozycjonowania i płynności ruchu nie można osiągnąć ideału. Nawet przy sterowaniu najczystszy sygnałem sinusoidalnym, pojawiają się błędy, choć są to błędy stosunkowo małe (błąd ustawienia wału wynoszący tylko 0,05 stopnia można uznać za mały). Występuje tu

kilka źródeł błędów związanych z silnikiem i w praktyce nie uda się uzyskać idealnej dokładności i precyzji. Tym samym nie ma potrzeby nadmiernie zwiększać liczby schodków i dodatkowo komplikować tym sterownik. Rozdzielczość przetwornika nie musi być duża, w praktyce wystarczają przetworniki 3...5-bitowe, dające odpowiednio 8...32 różnych poziomów prądu.

Kwestia uzyskania maksymalnej precyzji pozycjonowania wirnika i niejednorodności ruchu obrotowego silników krokowych to bardzo obszerne zagadnienie, przeznaczone dla specjalistów. Nie ma powodów, by w typowych zastosowaniach stosować sterowanie mikro-krokowe, zwłaszcza jeśli pojedynczy krok to 0,9 czy 1,8 stopnia.

**Leszek Potocki**