

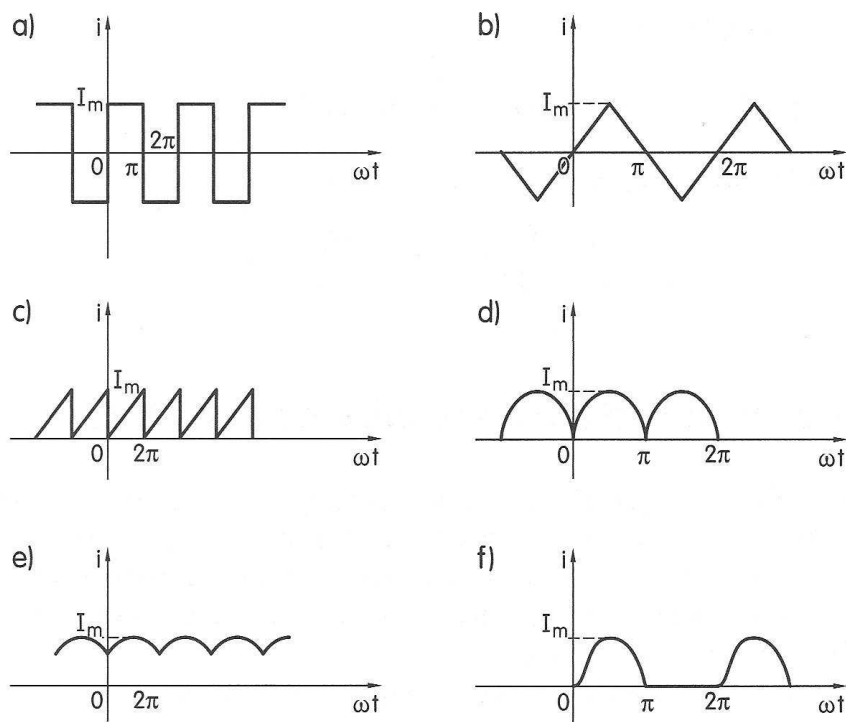
6.7. Przebiegi niesinusoidalne

W dotychczas omawianych w rozdziale 6. zagadnieniach, wszystkie prezentowane zależności dotyczyły sinusoidalnie zmiennych prądów i napięć. Przebiegi sinusoidalne wykazują wiele zalet, o niektórych z nich wspomniano w p. 6.1. Najważniejszą zaletą jest to, że przy wymuszeniach sinusoidalnych odpowiedź obwodu jest też sinusoidalna. W obwodach elektrycznych i magnetycznych mogą jednak pojawić się przebiegi wielkości o zmienności w czasie innej niż sinusoidalna. Takie przebiegi nazywamy **niesinusoidalnymi** lub **odkształconymi**. Odkształcenie powstające w obwodzie elektrycznym (lub magnetycznym) może być wywołane działaniem zamierzonym lub nastąpić w wyniku oddziaływania określonych czynników.

W układach elektronicznych, w sposób zamierzony, na potrzeby np. pomiaru czasu, generowane są specjalne przebiegi (sygnały) prostokątne, trójkątne symetryczne i niesymetryczne (rys. 6.9a,b,c). W układach prostowniczych, w zależności od ich jakości, uzyskuje się kształt prądu „wyprostowanego” (rys. 6.9d,e,f).

Jeżeli w obwodzie elektrycznym zasilanym napięciem sinusoidalnie zmiennym pojawi się element nieliniowy, np. cewka nawinięta na rdzeń ferromagnetyczny (dławik), której charakterystyka magnesowania znacząco odbiega od linii prostej, to funkcja prądu w obwodzie ma przebieg odbiegający od sinusoidy. Podobne odkształcone przebiegi otrzymujemy przy prostowaniu prądu sinusoidalnie zmiennego (rys. 6.9d), filtrowaniu w prostownikach (rys. 6.9f). Podczas pracy silnika elektrycznego rozkład indukcji magnetycznej w szczelinie między stojanem i wirnikiem również odbiega od sinusoidy.

Analiza obwodów, w których wielkości elektryczne (napięcie i prąd) nie są sinusoidalnie zmiennie, jest trudna. W związku z tym stosuje się pewne matematyczne przekształcenie polegające na tym, że daną funkcję niesinusoidalną zastępuje się sze-



Rys. 6.9. Przykłady prądów niesinusoidalnych: a) przebieg prostokątny, b), c) przebieg trójkątny, d), e), f) prądy „wyprostowane”

regiem trygonometrycznym Fouriera. Jest on nieskończoną sumą składowych przebiegów sinusoidalnych, ale o różnych amplitudach i coraz wyższych częstotliwościach

$$f(t) = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\omega t + \varphi_2) + A_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + \\ + A_4 \sin(4\omega t + \varphi_4) + \dots$$

Pierwszy element szeregu trygonometrycznego jest tzw. składową zerową, stanowiącą wartość średnią funkcji, drugi nazywa się **harmoniczną podstawową**, a kolejne **wyższymi harmonicznymi**. W praktyce w obliczeniach uwzględnia się kilka (rzadziej kilkanaście) kolejnych składowych. Zastąpienie przebiegu odkształconego szeregiem Fouriera pozwala rozwiązywać obwody oddzielnie dla każdej składowej (stałej i sinusoidalnie zmiennych) znanymi nam metodami, a wynik końcowy jest sumą wyników pochodzących od składowych cząstkowych.

Przykłady szeregu Fouriera dla wybranych przebiegów prądów niesinusoidalnych:

- **prostokątny** (rys. 6.9a)

$$i(t) = \frac{4I_m}{\pi} \sin(\omega t) + \frac{4I_m}{3\pi} \sin(3\omega t) + \frac{4I_m}{5\pi} \sin(5\omega t) + \dots$$

- **trójkątny** (rys. 6.9b)

$$i(t) = \frac{8I_m}{\pi^2} \sin(\omega t) - \frac{8I_m}{(3\pi)^2} \sin(3\omega t) + \frac{8I_m}{(5\pi)^2} \sin(5\omega t) + \dots$$

- **piłokształtny** (rys. 6.9c)

$$i(t) = \pi I_m - 2I_m \sin(\omega t) - \frac{2I_m}{2} \sin(2\omega t) - \frac{2I_m}{3} \sin(3\omega t) - \dots$$

- **wyprostowany dwupółwkowo** (rys. 6.9.d)

$$i(t) = \frac{2I_m}{\pi} - \frac{4I_m}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{4I_m}{15\pi} \cos 15\omega t + \dots$$