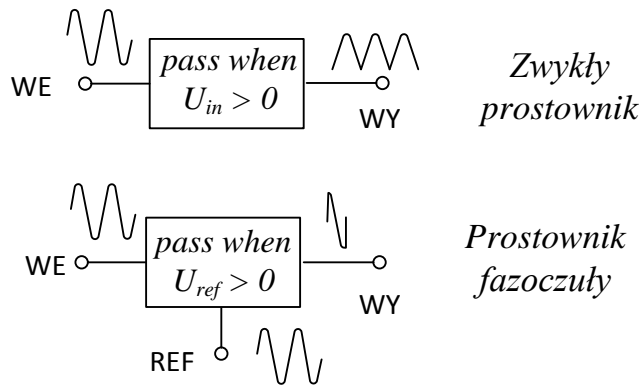


# Detektor synchroniczny



Rys. 1. Zasada działania detektora synchronicznego

Detektor synchroniczny jest de facto mnożnikiem realizującym funkcję

$$WY = WE \cdot REF \cdot \cos \varphi$$

Gdzie  $\varphi$  jest przesunięciem fazowym sygnału wejściowego względem sygnału odniesienia REF

Detektor synchroniczny, zwany też prostownikiem fazoczułym jest specjalnym przetwornikiem AC/Dc uwzględniającym nie tylko amplitudę ale i fazę sygnału DC.

W zwykłym prostowniku obowiązuje zasada:

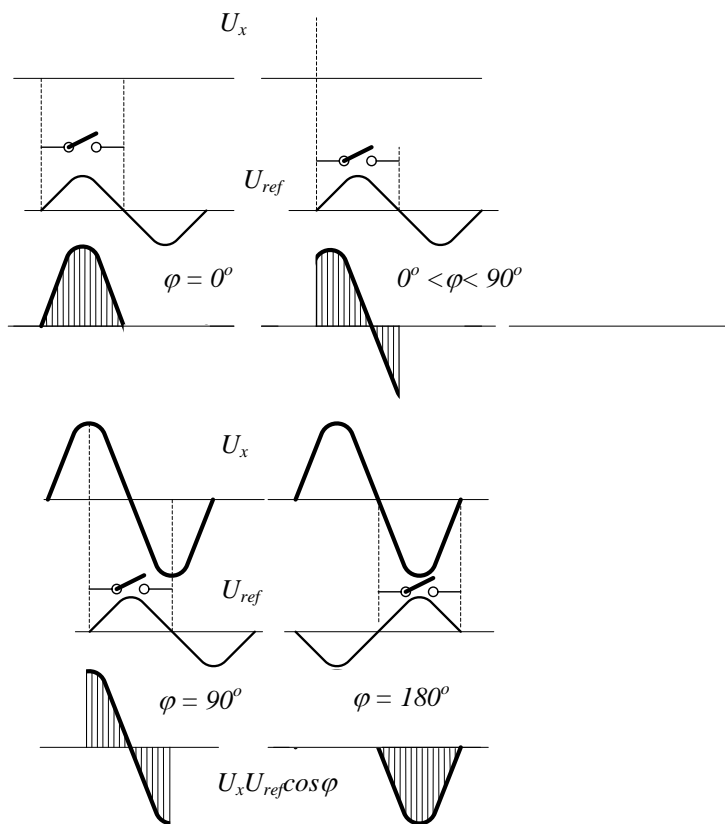
$$WY = \begin{cases} k \cdot WE & \text{jeli } WE > 0 \\ 0 & \text{jeli } WE < 0 \end{cases}$$

W prostowniku fazoczułym wprowadza się dodatkowe wejście REF i obowiązuje zasada

$$WY = \begin{cases} k \cdot WE & \text{jeli } REF > 0 \\ 0 & \text{jeli } REF < 0 \end{cases}$$

# Zasada działania prostownika synchronicznego

Rys. Zasada działania prostownika synchronicznego



Na rys.2 przeanalizowano cztery przypadki różnych przesunięć fazowych.

Dla  $\varphi = 0$  DS. pracuje jak zwykły prostownik.

Dla  $\varphi = 180^\circ$  (sygnał w przeciwfazie) następuje zmiana wartości wyjścia na ujemną.

Dla  $\varphi = 90^\circ$  sygnał wyjściowy jest równy zero.

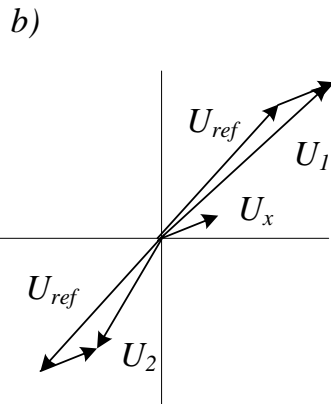
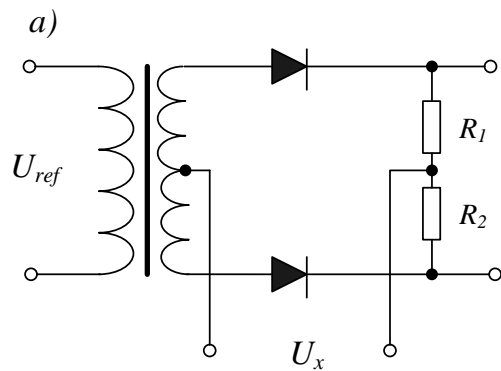
A więc prostownik fazoczuły realizuje funkcję:

$$WY = WE \cdot \cos \varphi$$

Zgodnie z jego nazwą (powyższe równanie powstaje z przekształcenia równania z poprzedniego slajdu dla  $REF=const$ )

# Przetwornik diodowy

- Rys. 3. Prostownikowy detektor synchroniczny



Na rys. 3 przedstawiono najprostszy w realizacji prostownikowy detektor synchroniczny. Jego istotną zaletą jest brak konieczności zasilania. Wadą jest to że do poprawnej pracy musi być spełniony warunek  $U_{ref} \gg U_x$  (na ogół zawsze spełniony).

Z wykresu wektorowego wynika że:

$$U_1 = \sqrt{U_{ref}^2 + 2U_{ref}U_x \cos \phi + U_x^2}$$

$$U_2 = \sqrt{U_{ref}^2 - 2U_{ref}U_x \cos \phi + U_x^2}$$

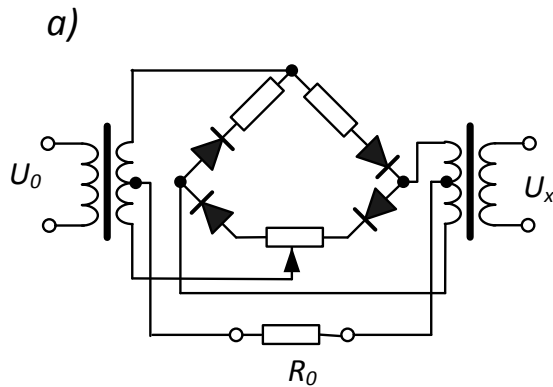
A więc

$$U_{out} = U_1 - U_2 =$$

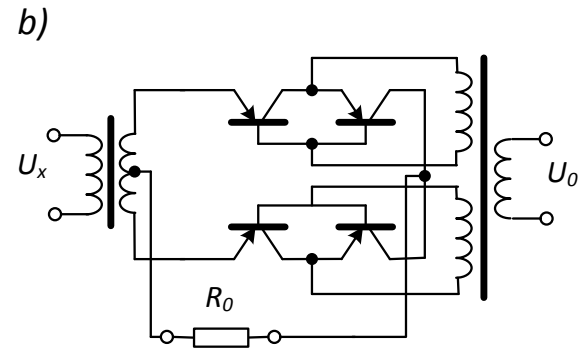
$$2U_x \cos \phi \left( 1 - \frac{U_x^2}{U_{ref}^2} \sin^2 \phi \right) \cong 2U_x \cos \phi$$

# Inne rodzaje detektorów synchronicznych

Rys. 4. Pełnookresowy diodowy detektor synchroniczny



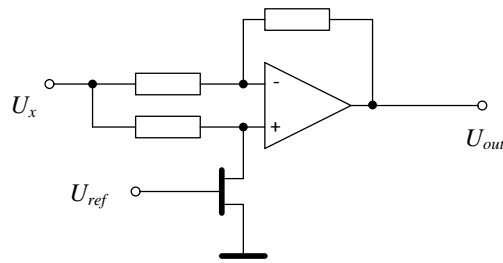
Rys. 5. Tranzystorowy detektor synchroniczny



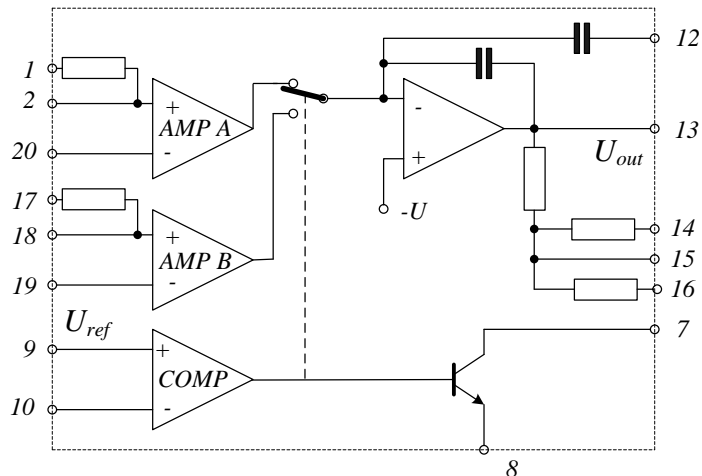
Na rys. 4 i 5 przedstawiono inne rozwiązania układowe detektorów synchronicznych

# Detektor AD 630

Rys. 6. Detektor synchroniczny wykorzystujący wzmacniacz operacyjny



Rys. 7. Układ AD630

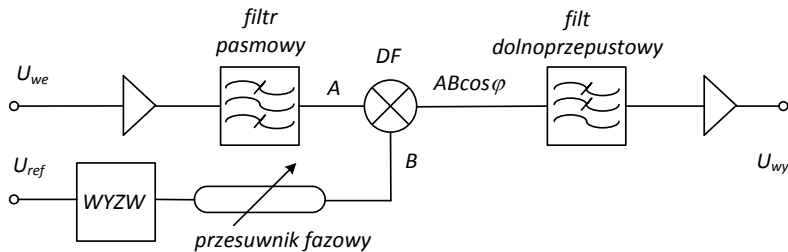


Zamiast diod czy tranzystorów korzystne jest użycie wzmacniacza operacyjnego – jak na rys. 6. Zaletą tego układu jest że obok detekcji synchronicznej mamy też wzmocnienie sygnału. Wadą układu jest konieczność zasilania wzmacniacza.

Warto zauważyć że na rynku jest dostępny gotowy układ scalony AD6330 realizujący ideę przedstawioną na rys. 6. Układ ten dodatkowo umożliwia wzmocnienie sygnału wejściowego oraz poprawę kształtu sygnału referencyjnego przez zastosowanie komparatora.

# Zastosowanie 1 – Usuwanie szumów

Rys. 8. Wzmacniacz lock-in (homodynowy)



Detektor synchroniczny (DF na rysunku powyżej) jest doskonałym wzmacniaczem selektywnym – przepuszcza tylko sygnały o częstotliwości zgodnej z częstotliwością sygnału REF. O ile dobry wzmacniacz lub filtr mają dobroć rzędu kilkadziesiąt to detektor synchroniczny ma dobroć 100 000.

Najważniejszym zadaniem detektora synchronicznego jest usuwanie szumów. Do tego celu stosuje się tzw wzmacniacz lock-in (po polsku wzmacniacz homodynowy) – rys.8.

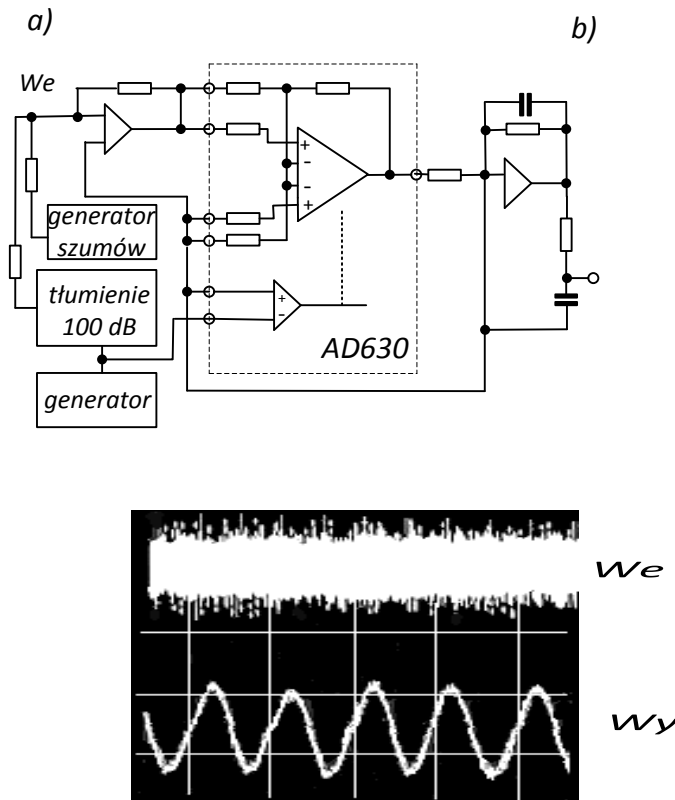
Szумы są to sygnały o przypadkowej częstotliwości i wartości dodające się do sygnału użytecznego.

Jeśli znamy częstotliwość sygnału użytecznego to skuteczną metoda usuwania szumu jest zastosowanie wzmacniacza selektywnego nastrojonego na częstotliwość sygnału.

Jeśli mamy do czynienia nie z jedną częstotliwością sygnału ale z całym pasmem to skuteczną metodą jest użycie wzmacniacza a falą nośną (carrier amplifier). Na sygnał o dużej częstotliwości  $\Omega$  nakłada się nasz sygnał o częstotliwości  $\omega$  (musi być spełniony warunek  $\Omega > 5\omega$ ). Otrzymujemy modulację amplitudową sygnału o częstotliwości  $\Omega$ . Wystarczy teraz wzmacniacz selektywny nastroić na częstotliwość  $\Omega$ .

# Usuwanie szumów - cd

Rys. 9. Usuwanie szumów przez układ AD630



Spektakularny przykład usuwania szumów przy użyciu układu ad 630 przedstawia rysunek 9. Sygnał użyteczny stłumiono o 100 dB (szum był milion razy większy niż sygnał). Na wyjściu układu odzyskaliśmy ten sygnał – szum został wyeliminowany.

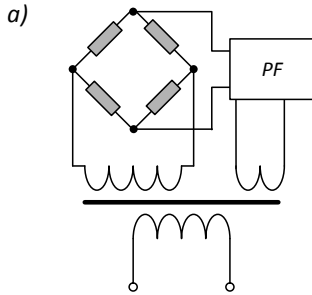
Jedynym problemem tego sposobu usuwania szumów jest konieczność dysponowania sygnałem referencyjnym. W opisywanym przypadku jest to sygnał zmodulowany o częstotliwości  $\Omega$ .

Bardzo często dysponujemy tym sygnałem co pokaże następny slajd.

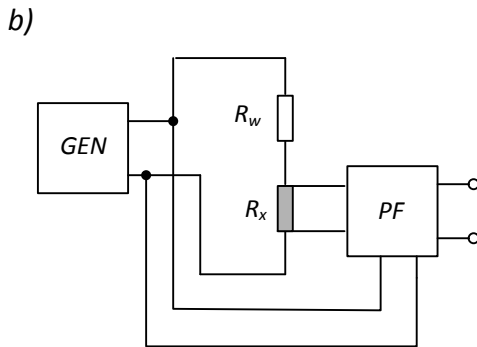
Jeśli nie dysponujemy sygnałem referencyjnym to profesjonalne wzmacniacze lock-in mają własny generator referencyjny który możemy dostroić do sygnału użytecznego.

# Usuwanie szumów – sygnał referencyjny

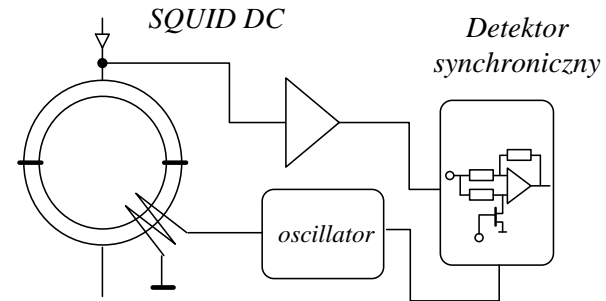
Rys. 10. Sygnał referencyjny w przypadku mostka



Rys. 11. Sygnał referencyjny przy pomiarze rezystancji



Jeśli zasilimy mostek napięciem przemiennym o częstotliwości  $\Omega$  to w mostku nastąpi modulacja (patrz następny slajd) i jako sygnału referencyjnego możemy użyć sygnał zasilający mostek. Podobnie w przypadku pomiaru bardzo małych rezystancji szum można usunąć używając sygnału zasilającego jako sygnał referencyjny. Inny przykład przedstawia rys. 12 gdzie rdzeń czujnika jest dodatkowo podmagnesowany sygnałem referencyjnym (sygnał referencyjny dodaje się do sygnału czujnika)

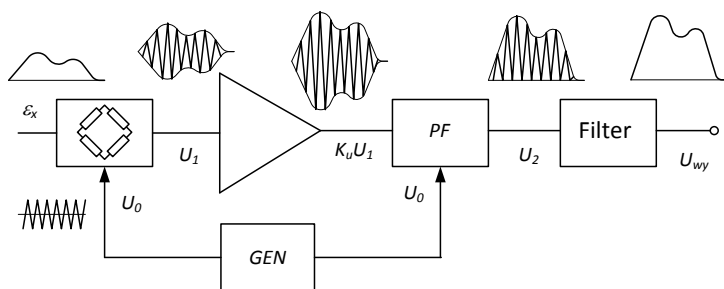


Rys. 12. Magnetometr SQUID



# Zastosowanie 2 – Detekcja fazoczuła – mostek tensometryczny

Rys. 13. Mostek tensometryczny z modulacją fali nośnej



To sygnał wyjściowy mostka jest

$$U_o = U_{om} \sin \Omega t \cdot K \varepsilon_m \sin \omega t$$

a mnożenie sygnałów oznacza modulację.

Gdy czujnik jest w układzie mostka zasilanego napięciem stałym to wzrost lub zmniejszanie się rezystancji czujnika wykrywany jest przez zmianę sygnału z dodatniego na ujemny.

Takiej możliwości nie mamy w układzie zasilanym napięciem przemiennym – ale wzrost lub zmniejszanie się rezystancji powoduje zmianę fazy z  $0^\circ$  na  $180^\circ$ .

Jeśli więc wykorzystamy detektor synchroniczny to możemy łatwo wykrywać zmianę kierunku wartości czujnika a przy okazji jeszcze dodatkowo usunąć szumy.

W układzie mostka tensometrycznego zachodzi modulacja sygnału. Jeśli sygnał czujnika jest

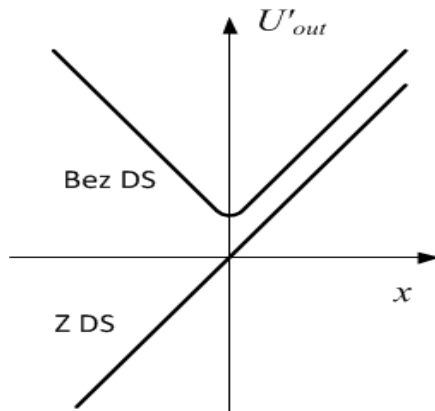
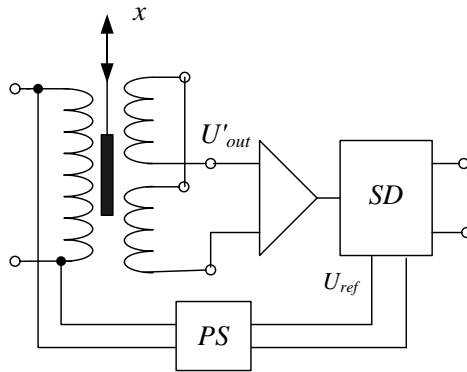
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \delta R_x = K \varepsilon_x = K \varepsilon_m \sin \omega t$$

A sygnał zasilający jest

$$U_o = U_{om} \sin \Omega t$$

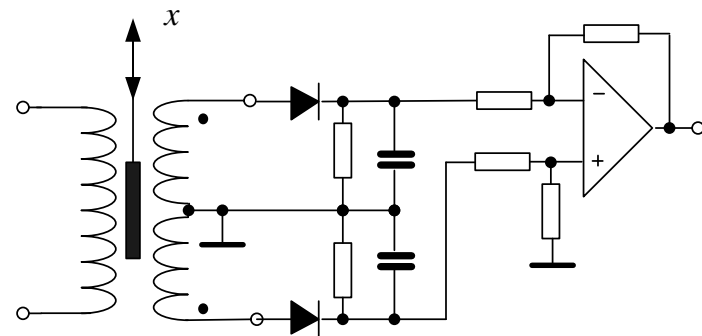
# Zastosowanie 2 – Detekcja fazoczuła – czujnik transformatorowy

Rys. 14. Czujnik transformatorowy z detektorem fazoczułym na wyjściu



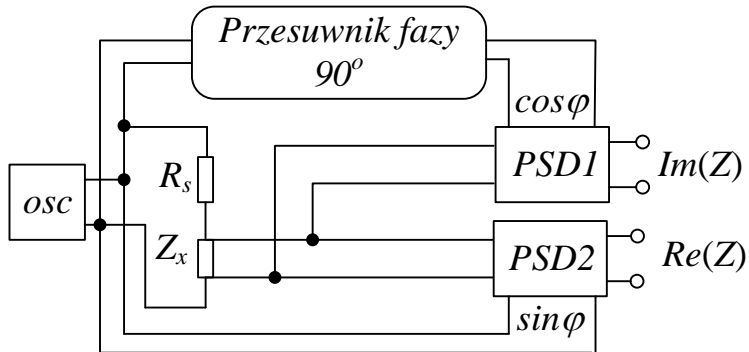
W omawianym wcześniej czujniku transformatorowym też nie jesteśmy w stanie określić kierunku przesuwania się rdzenia ponieważ sygnał wyjściowy jest napięciem przemiennym (charakterystyka Bez DS.). Po zastosowaniu detektora synchronicznego mamy pełną informację o kierunku przesuwania się rdzenia (charakterystyka z DS.) a przy okazji mamy linearyzację czujnika. Rys. 15 pokazuje przykład przetwornika współpracującego z czujnikiem transformatorowym.

Rys. 15. Przetwornik diodowy dedykowany do współpracy z czujnikiem LVDT



# Zastosowanie 3 – Analiza impedancji

Rys. 16. Zastosowanie detektora synchronicznego do analizy impedancji



Zastosowanie detektora synchronicznego w technicznej metodzie pomiaru impedancji pozwala na zastąpienie uciążliwego w użyciu układu mostkowego.

Wystarczy zastosować dwa detektory PSD1 i PSD21 jeden z napięciem referencyjnym zgodnym z napięciem zasilania a drugi z napięciem referencyjnym przesuniętym o  $90^\circ$ .

W ten sposób na wyjściu jednego detektora będzie sygnał  $Re(Z)$  a na wyjściu drugiego  $Im(Z)$