



POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY - ISEP  
ZAKŁAD NAPĘDU ELEKTRYCZNEGO



# MATERIAŁY DO WYKŁADU Z NAPĘDU ELEKTRYCZNEGO

## WYKŁAD IV – KOMPONENTY UKŁADÓW NAPĘDOWYCH

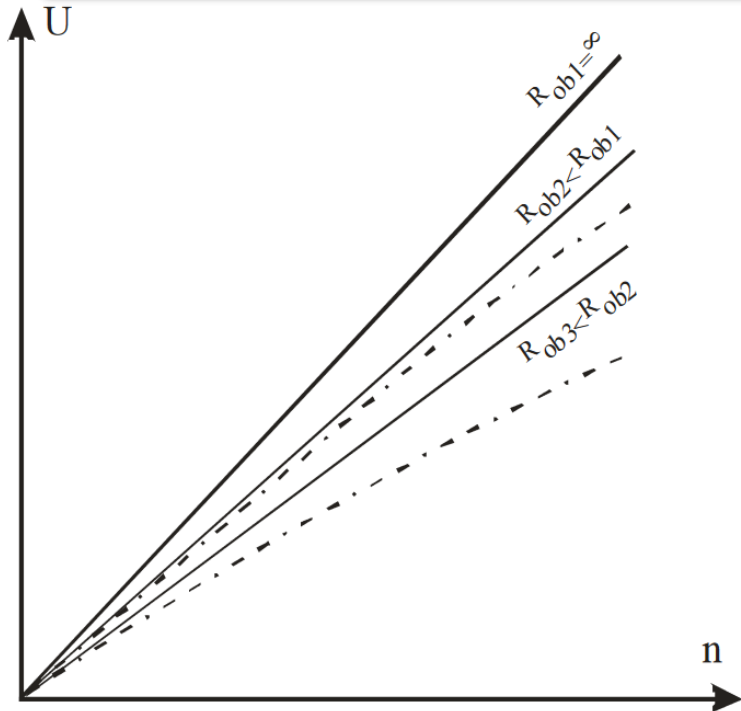
PROWADZĄCY

DR HAB. INŻ. GRZEGORZ IWAŃSKI

[IWANSKIG@ISEP.PW.EDU.PL](mailto:IWANSKIG@ISEP.PW.EDU.PL)



## CZUJNIKI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ



### Prądnica tachometryczna prądu stałego

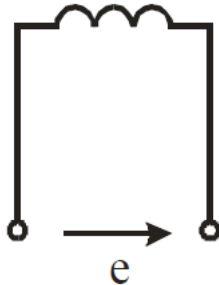
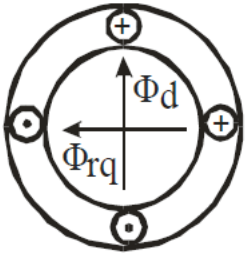
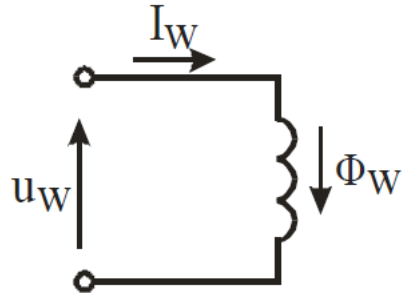
Napięcie wytwarzane na zaciskach jest zależne od prędkości obrotowej

Na liniowość charakterystyki ma wpływ wartość rezystancji obciążenia

$$U = \frac{E}{1 + \frac{R_{tc}}{R_{ob}}}$$



## CZUJNIKI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

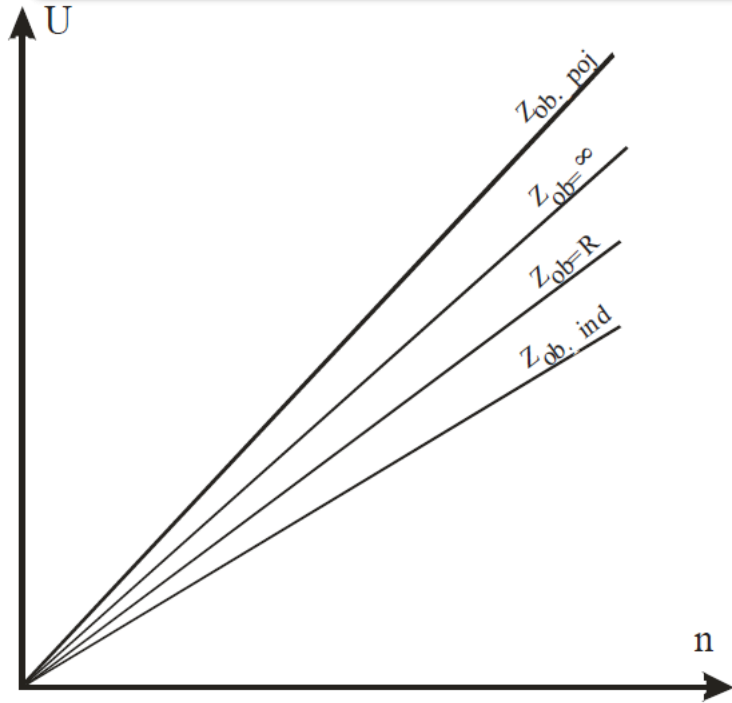


### Prądnic tachometryczna prądu przemiennego - indukcyjna

Napięcie przemienne  $e$  (siła elektromotoryczna rotacji) wytwarzane w uzwojeniu roboczym ma tę samą częstotliwość co napięcie zasilania uzwojenia wzbudzenia, ale wartość proporcjonalną do prędkości obrotowej



## CZUJNIKI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

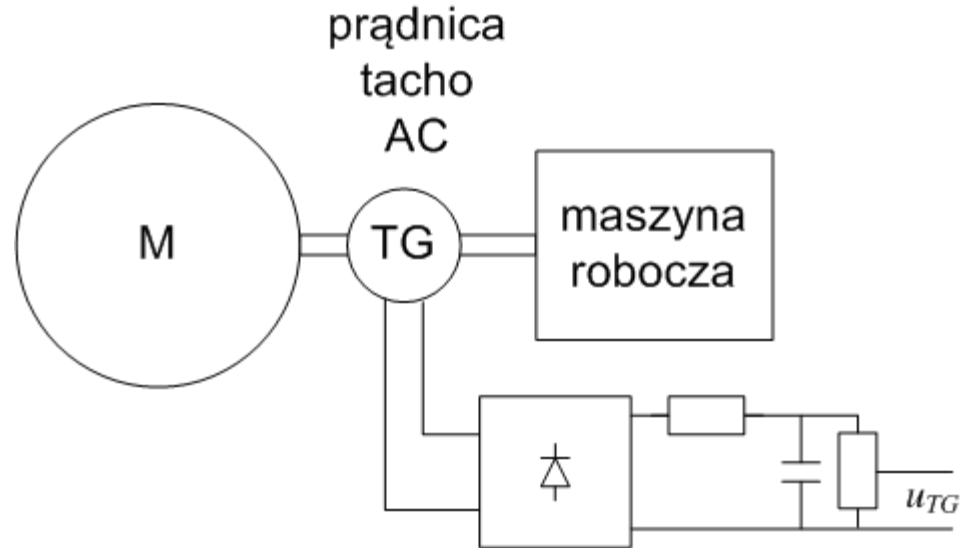


### Prądnica tachometryczna prądu przemiennego – indukcyjna

Napięcie wyjściowe prądnicy tachometrycznej zależy od prędkości obrotowej oraz wartości i charakteru obciążenia



## CZUJNIKI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ



### Prądnica tachometryczna prądu przemiennego - synchroniczna

Zarówno amplituda jak i częstotliwość napięcia wyjściowego prądnicy tachometrycznej zależy od prędkości obrotowej. Amplituda dodatkowo od wartości i charakteru obciążenia



## CZUJNIKI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

### Problemy z prądnicami tachometrycznymi:

Prądnica DC – szczotki i komutatory – ścieranie i konieczność wymiany.

Prądnice AC – bezszczotkowe, ale problem z identyfikacją kierunku prędkości.

Prądnice AC synchroniczne – problem przy pomiarach niskich prędkości ze względu na niską częstotliwość indukowanego napięcia.

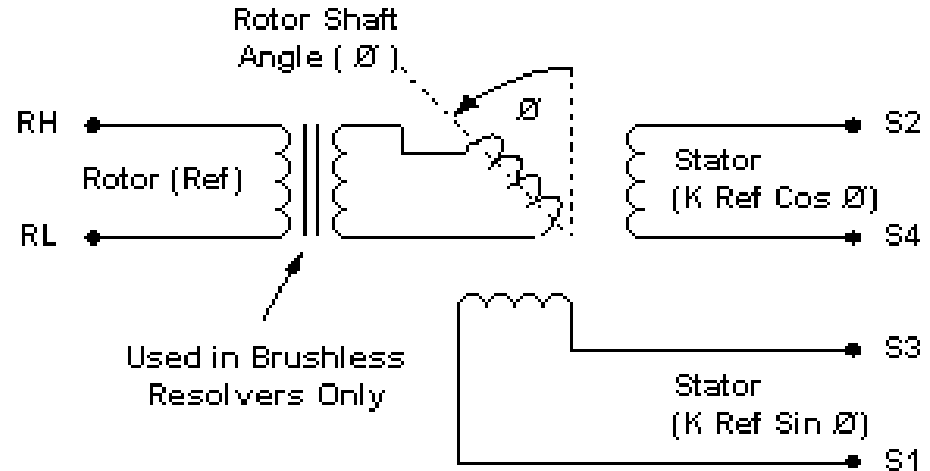
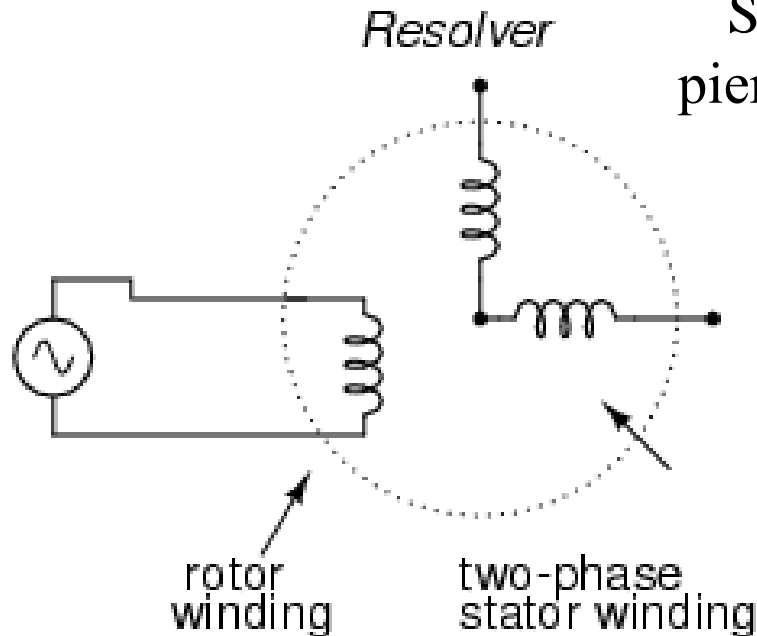
W układach napędów przekształtnikowych najczęściej identyfikuje się prędkość na podstawie zmiany położenia w czasie, tj. na podstawie wskazań czujników położenia kąowego wału – **enkoderów absolutnych i inkrementalnych lub rezolwerów.**





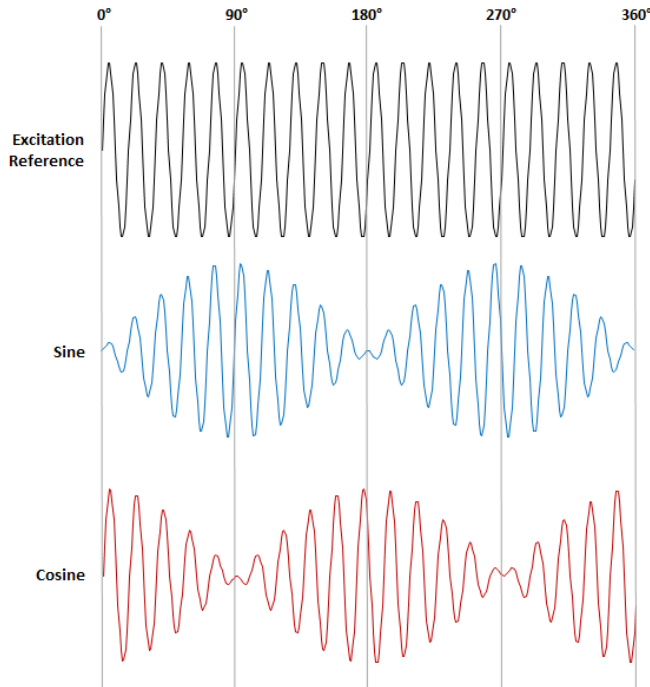
## CZUJNIKI POŁOŻENIA KĄTOWEGO - REZOLWERY

Schematy rezolwera w wersji ze szczotkami i pierścieniami ślizgowymi oraz w wersji brushless





## CZUJNIKI POŁOŻENIA KĄTOWEGO - REZOLWERY



### Sygnały wejściowy i wyjściowe rezolwera

Sygnał wejściowy jest sygnałem sinusoidalnym o częstotliwości kilku kHz (np. 2kHz)

Sygnały wyjściowe są sygnałami o częstotliwości sygnału wejściowego zmodulowane wartością kąta położenia mechanicznego

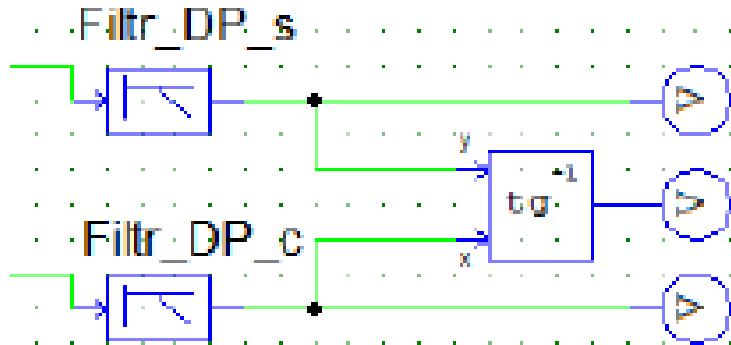
Otrzymanie czystych sygnałów  $\sin(\theta_m)$  i  $\cos(\theta_m)$  wymaga demodulacji (odfiltrowania)





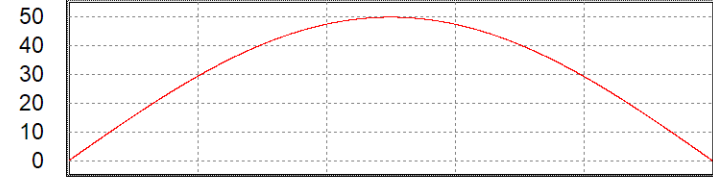
# CZUJNIKI POŁOŻENIA KĄTOWEGO - REZOLWERY

## Demodulator



Prędkość

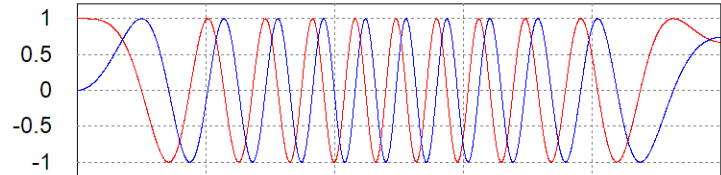
predkosc



Sygnaly

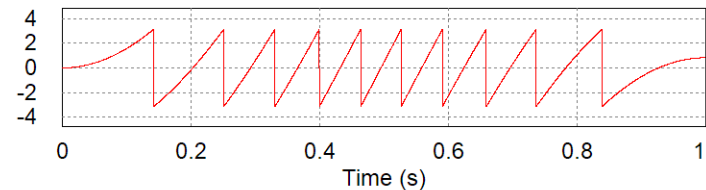
Zdemodulowane  
(sin i cos kąta)

V2 V3



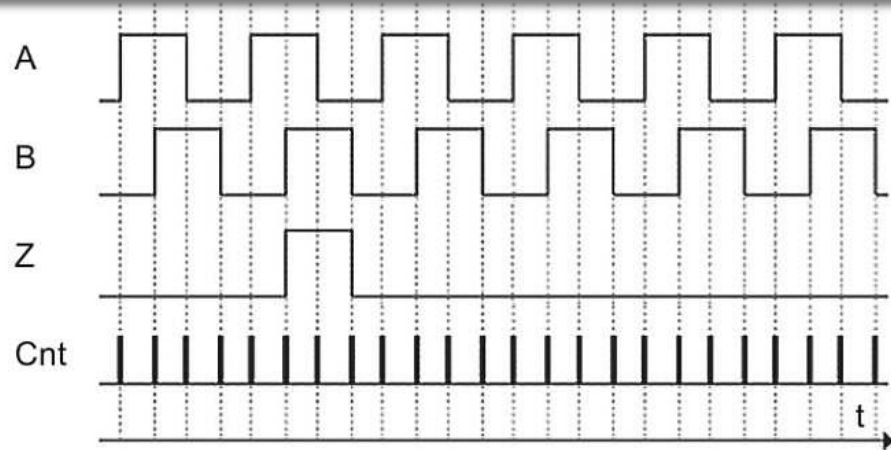
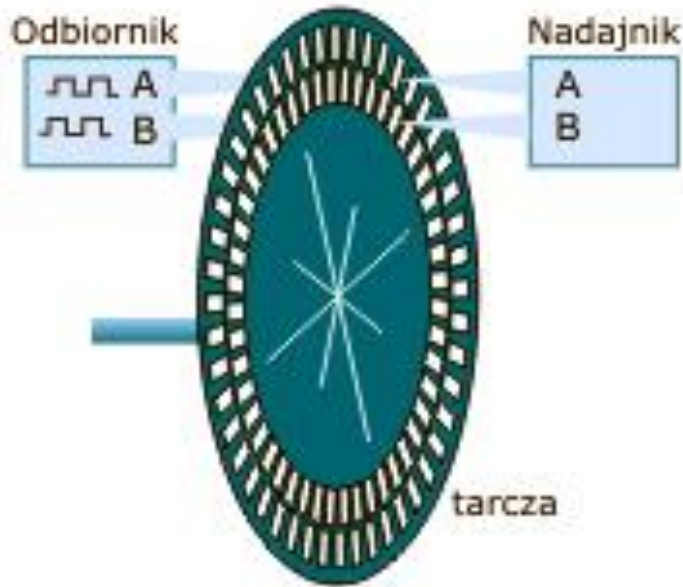
Kąt po obliczeniu  
funkcją arctan

V4





## CZUJNIKI POŁOŻENIA KĄTOWEGO – ENKODER INKREMENTALNY

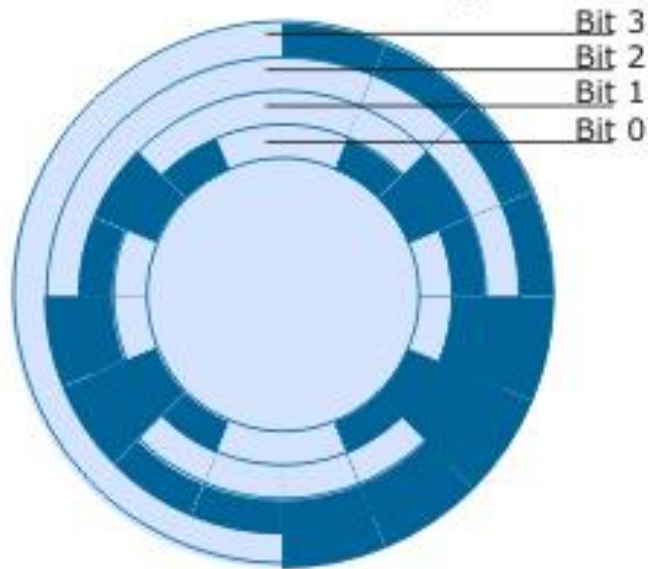


Sygnały impulsowe AB służą do określenia zmiany położenia i szybkości zmiany położenia. Indeks Z służy do określenia położenia bazowego (zerowego) – istotne w niektórych typach maszyn

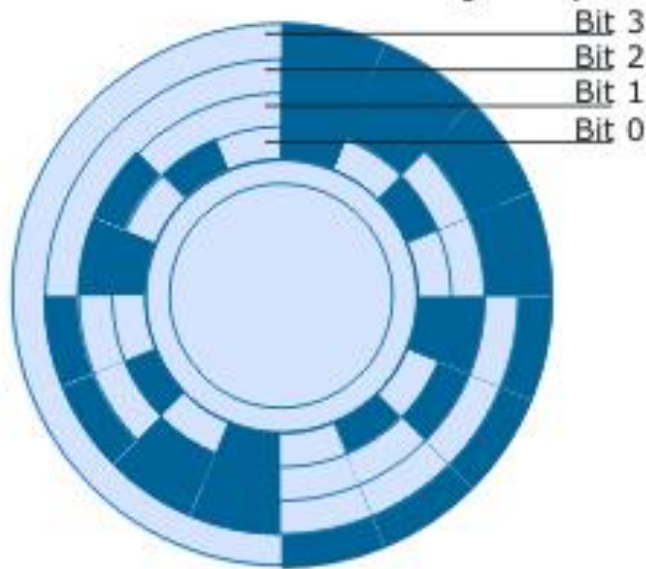


# CZUJNIKI POŁOŻENIA KĄTOWEGO – ENKODER ABSOLUTNY

Tarcza z kodem Gray'a



Tarcza z kodem dwójkowym

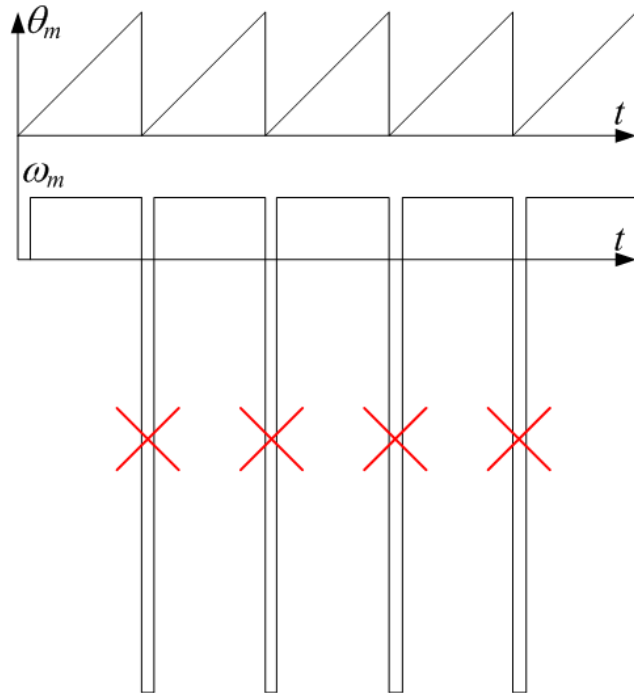


Informacja o kącie absolutnym jest pamiętana w przypadku zaniku napięcia zasilania.

W niektórych układach automatyki przemysłowej może mieć to znaczenie.



## OBLICZANIE PRĘDKOŚCI NA PODSTAWIE ZMIAN KĄTA



Prędkość wyliczana ze wzoru

$$\omega_m = \frac{d\theta_m}{dt}$$

zawiera piki powstające przy resecie wartości kąta. Wartość średnia prędkości wyznaczona w ten sposób jest równa zero

Te piki należy pominąć przy wyznaczaniu wartości prędkości.

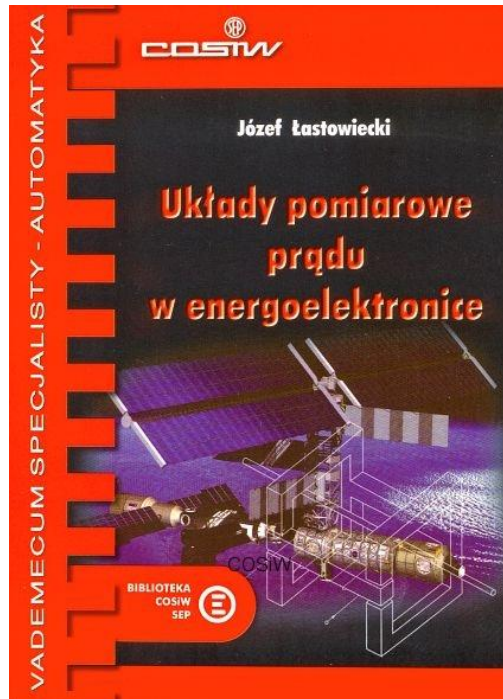




## CZUJNIKI POMIAROWE PRĄDU

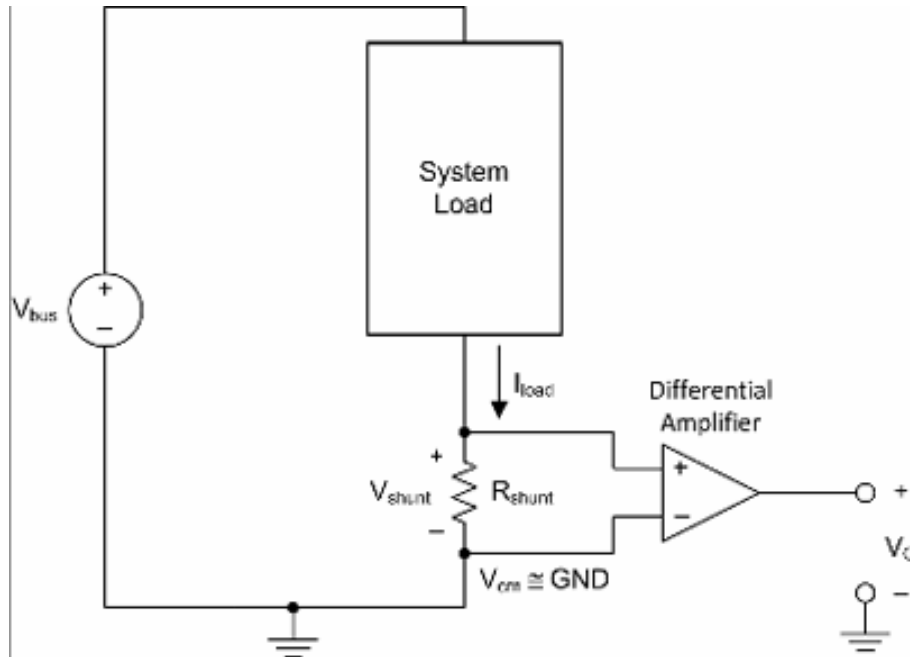
Miernik prądu – urządzenie pomiarowe służące do wskazania wartości prądu (najczęściej wartości skutecznej), np. amperomierz

Czujnik prądu – urządzenie pomiarowe służące do wytworzenia sygnału analogowego niskonapięciowego lub słaboprądowego, lub sygnału cyfrowego do dalszego wykorzystania w obwodach sterowania





## CZUJNIKI POMIAROWE PRĄDU – POMIAR Z BOCZNIKIEM

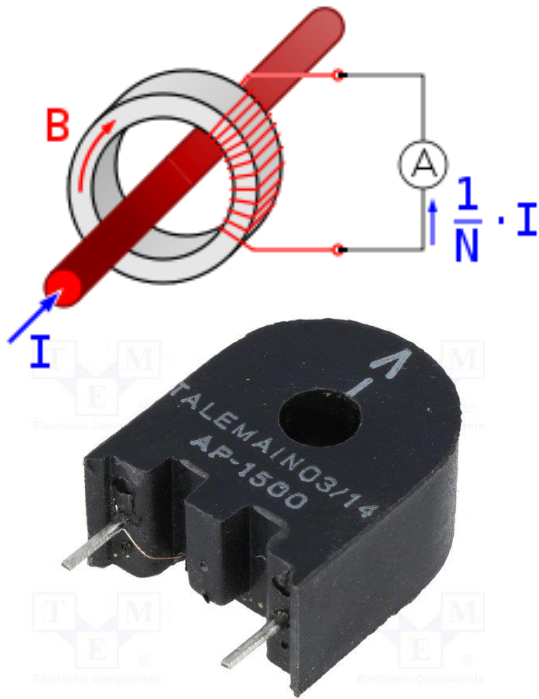


W układach małej mocy straty na boczniku są niewielkie i można zastosować tę metodę. Jeśli bocznik nie jest podpięty do masy układu może być wymagana separacja galwaniczna.





## CZUJNIKI POMIAROWE PRĄDU – PRZEKŁADNIK PRĄDOWY



Przekładnik prądowy jest transformatorem o dużej liczbie zwojów strony wtórnej, pracującym w stanie zwarcia lub pod obciążeniem o niewielkiej rezystancji. Spadek napięcia na rezystorze jest miarą prądu.

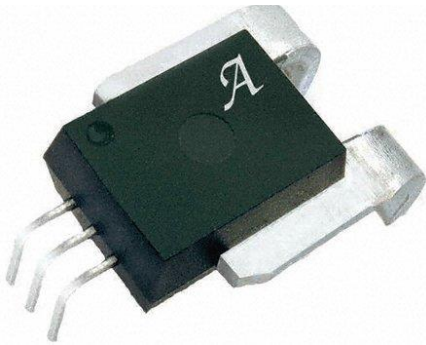
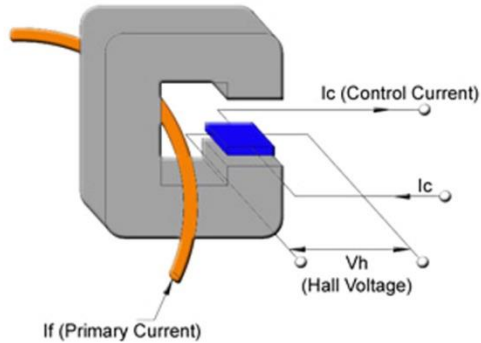
Szeroki zakres częstotliwości.

Wyjście prądowe odporne na zakłócenia.

Nie przenosi składowej stałej a więc nie nadaje się do sterowania w układach, w których pod wpływem pracy układu może powstać składowa stała.



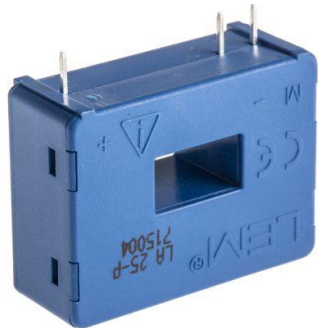
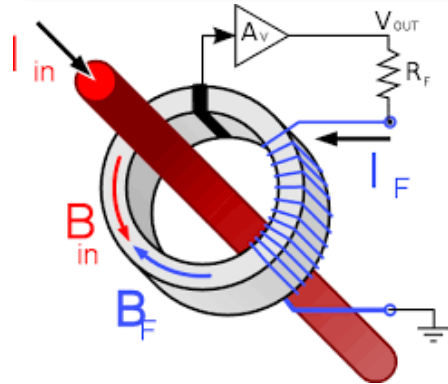
## CZUJNIKI POMIAROWE PRĄDU – CZUJNIK HALLA



Układy pomiarowe z czujnikiem Halla i zintegrowanym wzmacniaczem najczęściej zasilane napięciem unipolarnym dają sygnał wyjściowy z offsetem dla zerowego prądu. Wyjście napięciowe jest dość podatne na zakłócenia. Trzeba mieć duże doświadczenie w projektowaniu układów przekształtnikowych i obwodów drukowanych przy stosowaniu takich układów w większych mocach



## CZUJNIKI POMIAROWE PRĄDU – CZUJNIK HALLA Z PĘTLĄ



Układy pomiarowe z czujnikiem Halla i pętlą sprzężenia łączą zalety układów open loop i transformatora prądowego:

Szeroki zakres częstotliwości

Wyjście prądowe odporne na zakłócenia

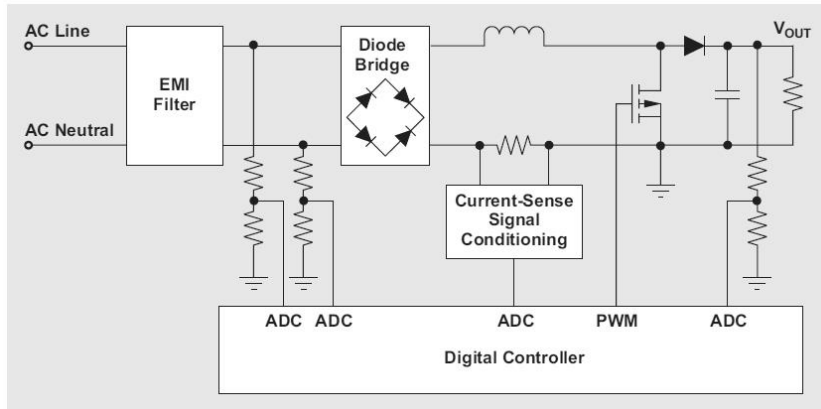
Przenoszenie składowej stałej

Dopasowanie rezystora pomiarowego według dokumentacji np. LA-55P

[http://www.lem.com/docs/products/la\\_55-p\\_e.pdf](http://www.lem.com/docs/products/la_55-p_e.pdf)

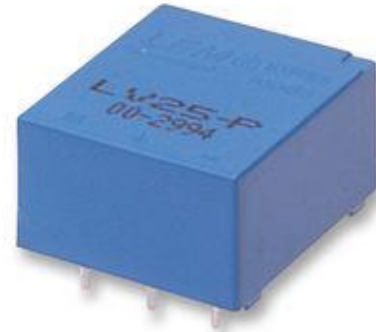


## POMIAR NAPIĘCIA DC



Pomiar napięcia na dzielnikach rezystancyjnych. Separację uzyskuje się przez zastosowanie optoizolatorów w torze pomiarowym. Metoda tania.

W układach pomiarowych napięcia stosuje się również przetworniki napięcia pracujące na podobnej zasadzie jak układy pomiaru prądu z czujnikiem Halla i pętlą sprzężenia







## KOMPONENTY OBWODU MOCY – MODUŁY TRANZYSTOROWE



600V, 75A, single switch  
TO-247



600V, 600A,  
half bridge



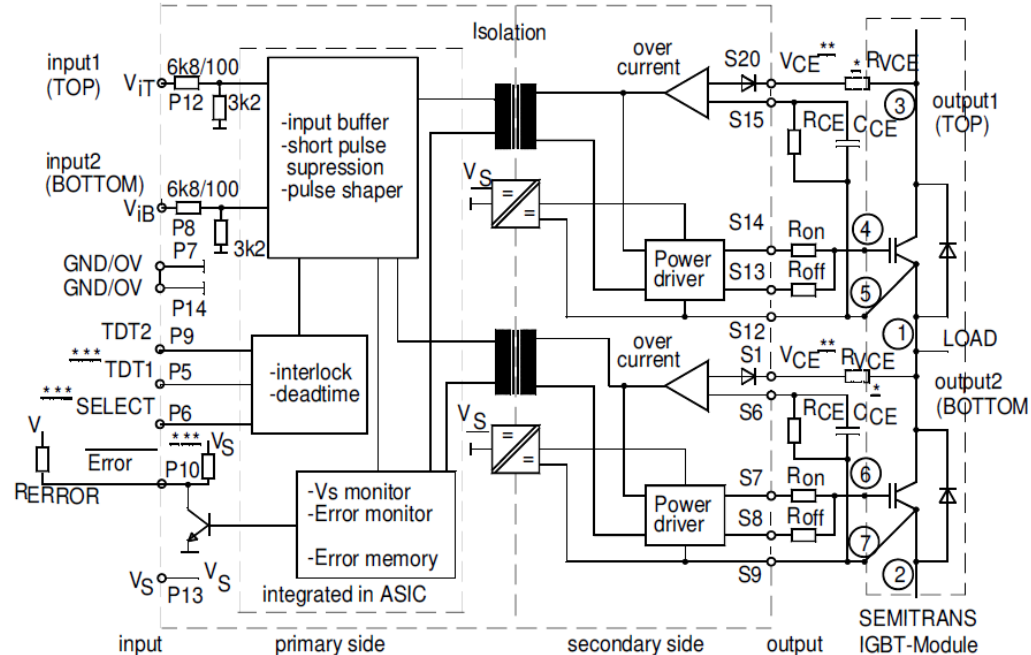
600V, 900A,  
six pack



# KOMPONENTY OBWODU MOCY – STEROWNIKI MODUŁÓW



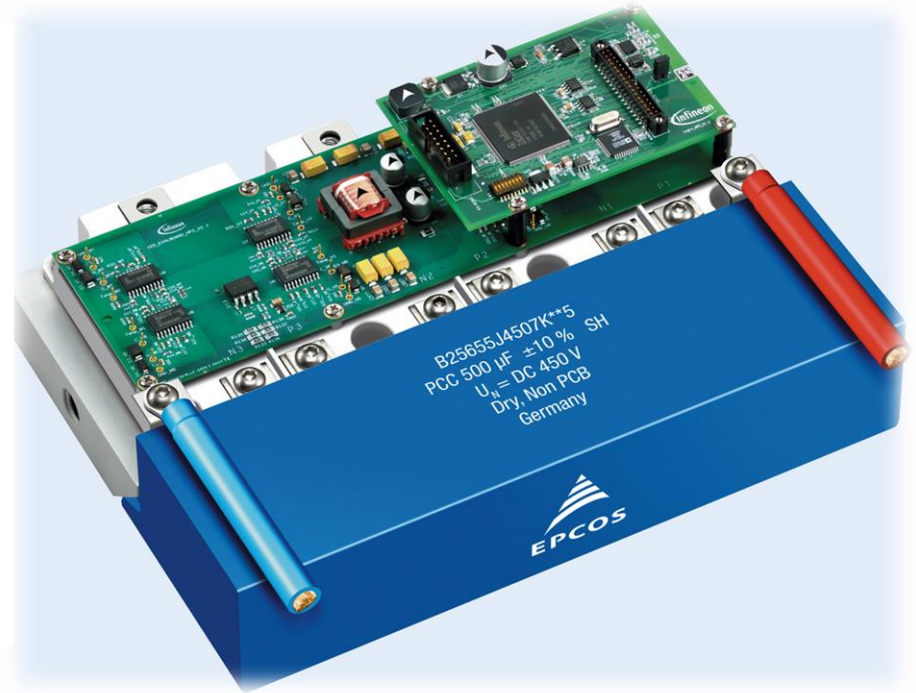
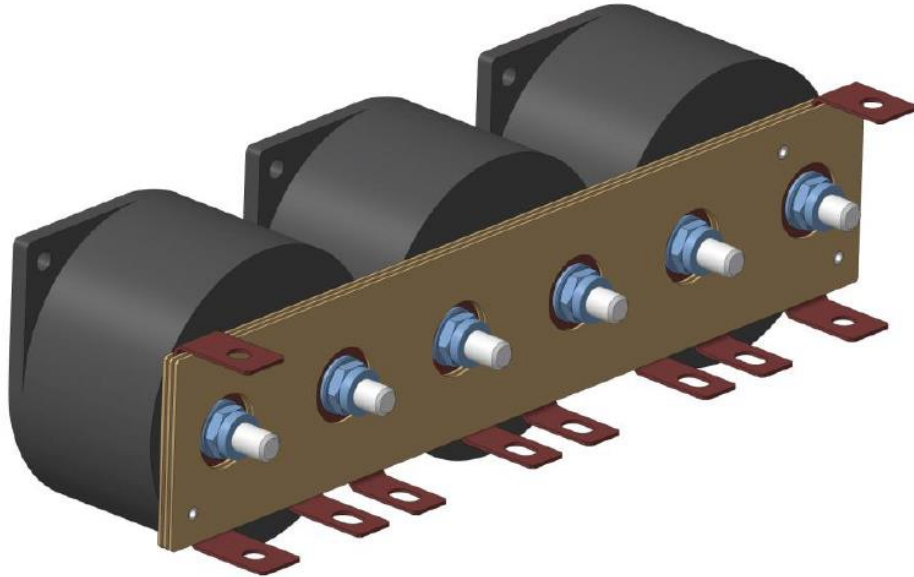
Sterownik (driver) półmostka:  
Wbudowany deadtime  
Izolacja galwaniczna  
Zabezpieczenie nadprądowe







# KOMPONENTY OBWODU MOCY – OBWÓD DC





POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY - ISEP  
ZAKŁAD NAPĘDU ELEKTRYCZNEGO



# MATERIAŁY DO WYKŁADU Z NAPĘDU ELEKTRYCZNEGO

## WYKŁAD IV – KOMPONENTY UKŁADÓW NAPĘDOWYCH

PROWADZĄCY

DR HAB. INŻ. GRZEGORZ IWAŃSKI

[IWANSKIG@ISEP.PW.EDU.PL](mailto:IWANSKIG@ISEP.PW.EDU.PL)