

# ELEMENTY RLC

Wykonanie:

Marcin Mądrzyk

# Plan prezentacji

## Rezystory

- ◆ *Krótki wstęp teoretyczny*
- ◆ *Budowa*
- ◆ *Podstawowe zależności*
- ◆ *Model rezystora*
- ◆ *Parametry*
- ◆ *Szeregi nominalnych wartości*
- ◆ *Oznaczenie rezystorów*
- ◆ *Rodzaje rezystorów*
- ◆ *Krótkie porównanie typów*
- ◆ *Przykładowe rezystory*
- ◆ *Zastosowanie*
- ◆ *Termistory*

## Kondensatory

- ◆ *Krótki wstęp teoretyczny*
- ◆ *Podstawowe zależności*
- ◆ *Model kondensatora*
- ◆ *Parametry*
- ◆ *Oznaczenie kondensatorów*
- ◆ *Rodzaje kondensatorów*
- ◆ *Krótkie porównanie typów*
- ◆ *Przykładowe kondensatory*
- ◆ *Zastosowanie*

# Plan prezentacji

## Indukcyjności

- ◆ *Krótki wstęp teoretyczny*
- ◆ *Budowa*
- ◆ *Podstawowe zależności*
- ◆ *Model cewki*
- ◆ *Parametry*
- ◆ *Przykładowe elementy indukcyjne*
- ◆ *Zastosowanie*

## Transformatory

- ◆ *Krótki wstęp teoretyczny*
- ◆ *Podstawowe zależności*
- ◆ *Parametry*
- ◆ *Rodzaje transformatorów*
- ◆ *Przykładowe transformatory*

## Bezpieczniki

- ◆ *Krótki wstęp teoretyczny*
- ◆ *Parametry*
- ◆ *Rodzaje bezpieczników*
- ◆ *Przykłady bezpieczników*

## Bibliografia

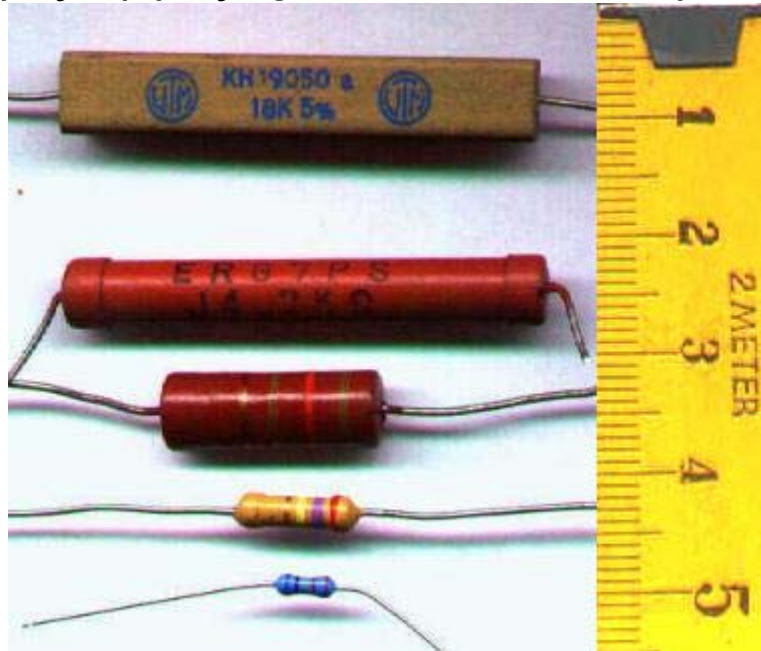
**REZYSTORY**

# Krótki wstęp teoretyczny

**Rezystor (opornik)** jest elementem liniowym: występujący na nim spadek napięcia jest wprost proporcjonalny do płynącego przez niego prądu.

Jest również elementem stratnym: przy przepływie prądu energia elektryczna, wydzielana w postaci ciepła, jest bezpowrotnie tracona.

Służy do ograniczenia prądu płynącego w obwodzie lub uzyskania wymaganych napięć.



## Budowa:

*Rezystory składają się zwykle z korpusu izolacyjnego z wyprowadzeniami oraz z części oporowej.*

## Podstawowe zależności:

$$R = U/I, R = \xi \times l/A$$

gdzie:

*R – rezystancja [ $\Omega$ ]*

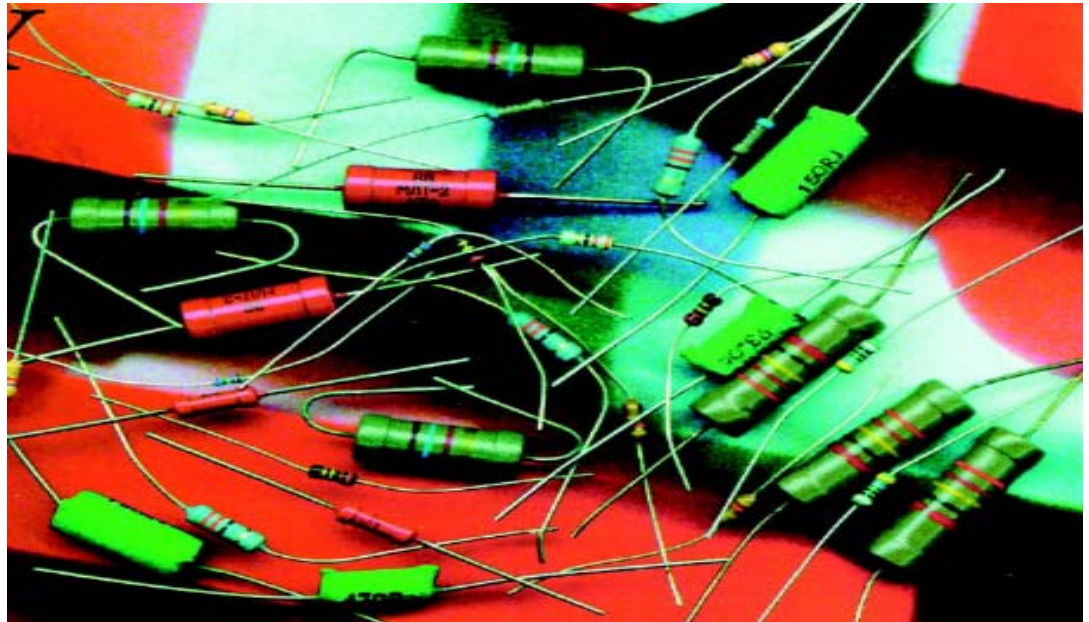
*U – napięcie [V]*

*I – natężenie prądu [A]*

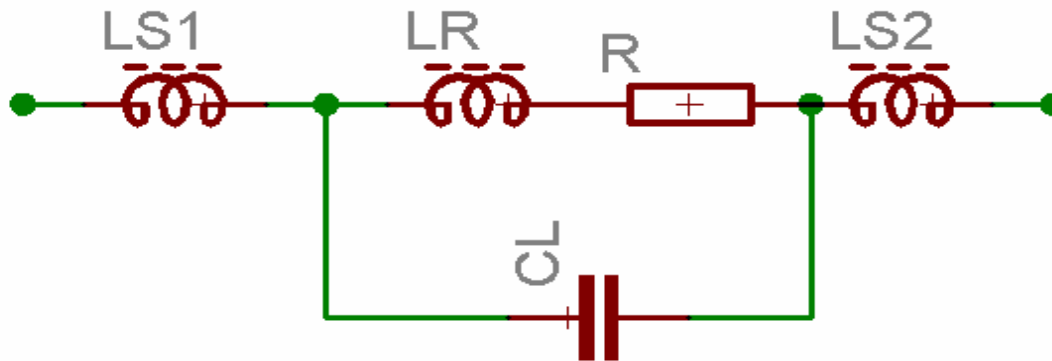
*A – powierzchnia przekroju [ $m^2$ ]*

*l – długość drutu [m]*

*$\xi$  – oporność właściwa [ $\Omega \cdot m^2/m$ ]*



# Model rezystora



gdzie:

$R$  – rezystancja [ $\Omega$ ]

$C_L$  – pojemność własna (uptywność)

$L_R$  – indukcyjność elementu oporowego

$L_S$  – indukcyjność wyprowadzeń

# Parametry rezystorów..

## **Rezystancja nominalna**

rezystancja podawana przez producenta na obudowie opornika; rezystancja rzeczywista różni się od rezystancji nominalnej, jednak zawsze mieści się w podanej klasie tolerancji

## **Tolerancja (klasa dokładności)**

podawana w procentach możliwa odchyłka rzeczywistej wartości opornika od jego wartości nominalnej

## **Moc znamionowa**

największa dopuszczalna moc wydzielana na rezystorze przy pracy ciągłej przy temperaturze mniejszej niż  $+ 70^{\circ}\text{C}$

przekroczenie tej wartości może prowadzić do zmian innych parametrów rezystora lub jego uszkodzenia

## **Napięcie graniczne**

maksymalne napięcie stałe lub amplituda napięcia zmiennego, jakie może być dołączone do rezystora w sposób ciągły, bez obawy o jego zniszczenie



# Parametry rezystorów..

## Temperaturowy współczynnik rezystancji - TWR, TCR

współczynnik określający zmiany rezystancji pod wpływem zmian temperatury opornika, wartość TWR podaje się w %/K, ppm/K lub  $10^{-6}/K$

## Współczynnik szumów

określa szumy wprowadzane przez rezystor, wartość podaje się zazwyczaj w  $\mu V/V$

# Nominalne wartości rezystancji według szeregów E

*Szeregi E (oraz R) tworzone są według harmonicznego podziału każdej dekady.*

Szeregi główne

<b>E3</b>	<b>50%</b>	10, 22, 47
<b>E6</b>	<b>20%</b>	10, 15, 22, 33, 47, 68
<b>E12</b>	<b>10%</b>	10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82
<b>E24</b>	<b>5%</b>	10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91

*Szeregi E48, E96 oraz E192 określane są mianem szeregów precyzyjnych*

## Przykład:

*Określenie E192 oznacza, że w dekadzie występuje 192 wartości.*

*Obliczając je, wychodzi się z liczby 10, którą dzieli się przez pierwiastek 192-stopnia z 10.*

*Wynikiem tego będzie 9.88, które dzieli się ponownie przez ten sam pierwiastek.*

*Po 192 dzieleniach dochodzi się do wartości 1.0.*

# Inne szeregi

- **Szereg R**

*powstaje identycznie jak ciąg E z tym, że jego podstawą jest szereg R40 (pierwiastek 40 stopnia z 10 jako dzielnik)*

*stosuje się czasami do rezystorów mocy*

- **Szereg dekadowy**

*przyjmuje wartości : 1,0 ; 1,5; 2,0 itd.*

*obecnie stosowany w dalszym ciągu w rezystorach precyzyjnych*

# Oznaczanie rezystorów

Kod barwny

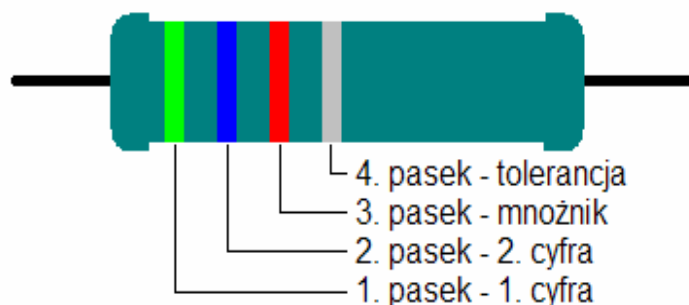
*pasków lub kropek jest trzy, cztery lub sześć*

- *jeśli jest ich trzy, to wszystkie trzy oznaczają oporność, a tolerancja wynosi  $\pm 20\%$*
- *jeśli jest ich cztery, to trzy pierwsze oznaczają oporność, a czwarty – tolerancję*
- *jeśli jest ich sześć, to jest to opornik precyzyjny i trzy pierwsze oznaczają cyfry oporności, czwarty – mnożnik, piąty – tolerancję, szósty – temperaturowy współczynnik rezystancji (ten pasek może znajdować się na samym brzegu opornika)*

- *pierwszą cyfrę oznacza pasek bliższy końca, a między mnożnikiem i tolerancją jest czasem większy odstęp*
- *oporniki wyższych klas dokładności posiadają dodatkowy trzeci pasek cyfr.*
- *stare oporniki są oznakowane:*
  - *1 cyfra – kolor opornika*
  - *2 cyfra – kolor paska*
  - *mnożnik – kolor kropki*

Kolor	Wartość		Mnożnik	Tolerancja $\pm \%$	Współczynnik temp. $\pm \text{ppm/K}$
	1 pasek	2 pasek	3 pasek	4 pasek	Ostatni pasek
czarny	0	0	$\times 1 \Omega$	20	200
brązowy	1	1	$\times 10 \Omega$	1	100
czerwony	2	2	$\times 100 \Omega$	2	50
pomarańczowy	3	3	$\times 1 \text{ k}$	3	15
żółty	4	4	$\times 10 \text{ k}$	0 - +100	25
zielony	5	5	$\times 100 \text{ k}$	0,5	
niebieski	6	6	$\times 1 \text{ M}$	0,025	10
fioletowy	7	7	$\times 10 \text{ M}$	0,01	5
szary	8	8		0,05	1
biały	9	9			
złoty			$0,1 \Omega$	5	
srebrny			$0,01 \Omega$	10	
brak				20	

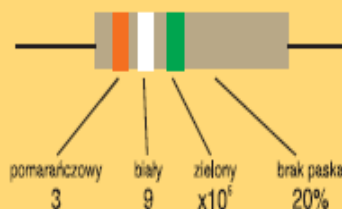
# Oznaczenie rezystorów



Oznaczenie opornika 5,6kΩ 10 %

## PRZYKŁADY (kod barwny)

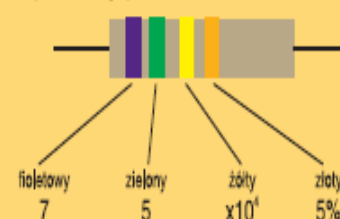
pierwszy pasek blisko końca rezystora



3,9 MΩ 20%

**TRZY PASKI**

pierwszy pasek blisko końca rezystora



750 kΩ 5%

**CZTERY PASKI**

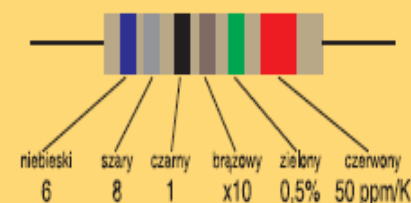
ostatni pasek szerszy o 50...100%



29,4 kΩ 1%

**PIĘĆ PASKÓW**

ostatni pasek szerszy o 50...100%



6,81 kΩ 0,5% 50 ppm/K

**SZEŚĆ PASKÓW**

# Oznaczanie rezystorów

*Rezystory oznacza się również symbolami literowymi:*

$$0R1 = 0,1 \Omega$$

$$0E1 = 0,1 \Omega$$

$$4k7 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

$$22M = 22 \text{ M}\Omega$$

*Czasami stosuje się kody 3- lub 4- cyfrowe, w których dwa lub trzy pierwsze znaki są cyframi o najwyższym znaczeniu, a ostatnia cyfra oznacza liczbę zer :*

$$100 = 10 \Omega$$

$$101 = 100 \Omega$$

$$103 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$4754 = 4,75 \text{ M}\Omega$$

# Rodzaje rezystorów

## Rezystory węglowe, warstwowe

- warstwa węgla o danej wartości rezystancji naparowana na rurkę ceramiczną
- stosowanie nacięć spiralnych w warstwie węglowej w celu osiągnięcia właściwej wartości rezystancji



## Rezystory warstwowe metalowe

- warstwa metalu o danej wartości rezystancji naparowana na rurkę ceramiczną
- proces produkcji podobny do rezystorów węglowych



## Precyzyjne rezystory drutowe

- drut o wysokiej rezystancji (nikrotal CrNi, kantal CrAlFe, lub konstantan CuNi) nawinięty na korpus z ceramiki, szkła lub włókna sztucznego
- są izolowane plastikiem, silikonem, glazurą lub zamknięte w obudowie aluminiowej



# Rodzaje rezystorów

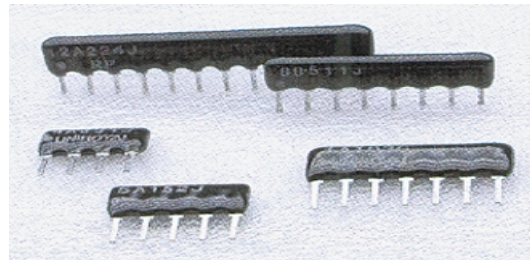
## Precyzyjne rezystory SMD

- *przeznaczone do montażu powierzchniowego*



## Matryce rezystorowe „drabinki”

- *są produkowane w wersji grubo- i cienkowarstwowej*
- *ceramiczny korpus z nadrukowanymi rezystorami i wyprowadzeniami*





# Krótkie porównanie typów

	<b>rezystory warstwowe węglowe</b>	<b>rezystory warstwowe metalowe</b>	<b>rezystory drutowe</b>
<b>Właściwości wysokoczęstotliwościowe</b>	<i>złe, wynikają z dużej pojemności własnej ok. 0,2 pF</i>	<i>dobrze, niska pojemność własna</i>	<i>złe, duża indukcyjność ( 0,1-10uH ), duża pojemność własna ( 0,2 - 10 pF )</i>
<b>TWR</b>	<i>wysoki: od -200 ppm/K do -1000 ppm/K</i>	<i>niski: od 5 do 100 ppm/K</i>	<i>niski: od 1 do 100 ppm/K</i>
<b>poziom szumów</b>	<i>wysoki</i>	<i>niski</i>	<i>bardzo niski</i>
<b>zależność napięciowa</b>	<i>poniżej 100 ppm/V</i>	<i>poniżej 1 ppm/V</i>	<i>poniżej 1 ppm/V</i>
<b>stabilność długotrwała</b>	<i>słaba</i>	<i>dobra</i>	<i>dobra</i>
<b>dodatkowe cechy</b>	<i>bardzo tanie w produkcji</i>	<i>niska wytrzymałość na przeciążenia impulsowe</i>	<i>zastosowania wymagające wysokiej jakości i precyzji</i>

# Rezystory węglowe, warstwowe



## Dane techniczne:

Wielkość:	0204
Moc:	0,125 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Max nap. robocze:	200 V=
Napięcie izol.:	300 V=
Zakres temperatur:	-55 do +155 °C
Wymiary	
korpus:	∅1,6 × dł3,7 mm
drut:	∅0,4 × dł30 mm



## Dane techniczne:

Wielkość:	0207
Moc:	0,25 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Max nap. robocze:	300 V=
Napięcie izol.:	500 V=
Zakres temperatur:	-55 do +155 °C
Wymiary	
korpus:	∅2,4 × dł6,4 mm
drut:	∅0,6 × dł28 mm



## Dane techniczne:

Wielkość:	0411
Moc:	0,5 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Max nap. robocze:	350 V=
Napięcie izol.:	700 V=
Zakres temperatur:	-55 do +155 °C
Wymiary	
korpus:	∅3,5 × dł9,5 mm
drut:	∅0,6 × dł30 mm

# Rezystory warstwowe metalowe



## Dane techniczne:

Wielkość:	0207
Moc:	0,5 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Współcz. temp.:	±350 ppm/°C
Napięcie izol.:	500 V=
Rezyst. izolacji:	$>1 \times 10^9 \Omega$
Zakres temperatur:	-55 do +200 °C
Wymiary	
korpus:	∅2,5 × dł6,5 mm
drut:	∅0,6 × dł30 mm

# Precyzyjne rezystory drutowe



## Dane techniczne:

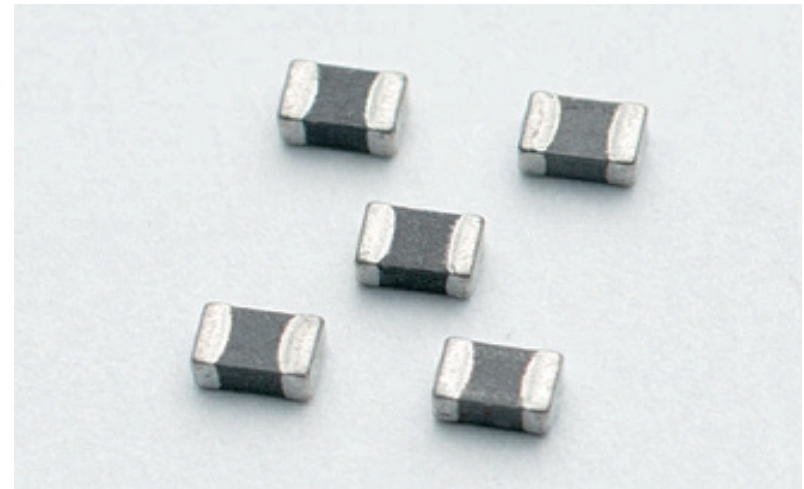
Moc:	0,33 W przy +85 °C
Tolerancja:	±0,1 % przy +25 °C
Współcz. temp.:	±5 ppm/°C max
Stabilność:	±35 ppm/rok
Max nap. robocze:	200 V=
Napięcie izol.:	1000 V <sub>rms</sub>
Rezyst. izolacji:	>1 × 10 <sup>9</sup> Ω
Zakres temperatur:	-55 do +125 °C
Wymiary	
korpus, ≤500 kΩ:	∅6,35 × dł12,7 mm
korpus, 1 MΩ:	∅6,35 × dł19,1 mm
drut:	∅0,6 × dł38 mm

# Precyzyjne rezystory SMD



## Dane techniczne:

Rozmiar: 0603,  
Dł1,6×Sz0,8×W0,45 mm  
Moc: 0,063 W przy +70 °C  
Tolerancja: ±0,1 %  
Współcz. temp.: ±25 ppm/°C  
Max nap. rob.: 50 V=  
Zakres temp.: -55 do +125 °C  
Opakowanie: Taśma 8 mm na rolce 7"- 5000 szt.



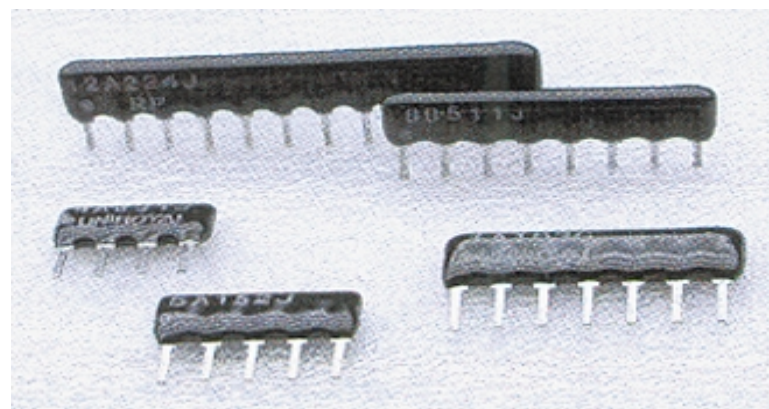
## Dane techniczne:

Rozmiar: 0805,  
Dł2,0×Sz1,25×W0,5 mm  
Moc: 0,1 W przy +70 °C  
Tolerancja: ±0,1 %  
Współcz. temp.: ±25 ppm/°C  
Max nap. rob.: 100 V=  
Zakres temp.: -55 do +125 °C  
Opakowanie: Taśma 8 mm na rolce 7"- 5000 szt.

# Matryca rezystorowa, SIL

## Dane techniczne:

Moc:	Patrz odp. wykonanie
Tolerancja:	$\pm 2\%$
Współcz. temp.:	$\pm 200$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$
Maks. nap. robocze:	100 V=
Zakres temp.:	-55 do +125 $^{\circ}\text{C}$
Wymiary:	Wys. zabudowy 5,08 mm

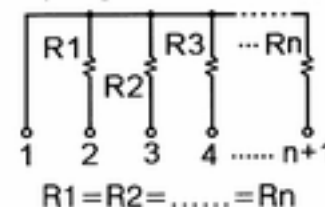


### Typ RNL A

Wykonanie SIL, n- rezystorów z jednym wspólnym wyprowadzeniem dla wszystkich. Wszystkie rezystory mają taką samą rezystancję.

Moc: 0,125 W na rezystor przy +70  $^{\circ}\text{C}$

### A (Single common type)

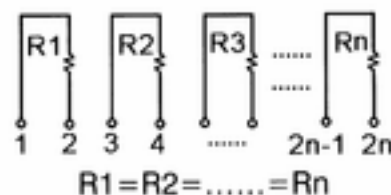


### Typ RNL B

Wykonanie SIL, n- indywidualnych rezystorów z oddzielnymi wyprowadzeniami każdego z nich. Wszystkie rezystory mają jednakową rezystancję.

Moc: 0,2 W na rezystor przy +70  $^{\circ}\text{C}$

### B (Isolated type)



# Matryca rezystorowa, DIL

## Dane techniczne:

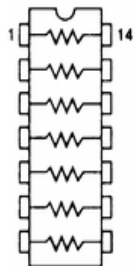
Moc:	Patrz odp. wykon.
Tolerancja:	$\pm 2\%$
Współcz. temp.:	$\pm 100$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ( $-55$ do $+125$ $^{\circ}\text{C}$ )
Wzgl. wsp. temp.:	$\pm 50$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$
Maks. nap. robocze:	100 V=
Zakres temperatur:	$-55$ do $+125$ $^{\circ}\text{C}$



### Typ 899-3

Obudowa 14-pin DIL zawierająca 7 rezystorów. Oddzielne wyprowadzenia każdego rezystora. Wszystkie rezystory w matrycy mają taką samą rezystancję.

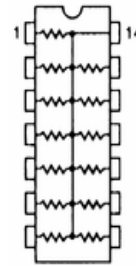
Obudowa:	14-pin DIL
Ilość rezystorów:	7
Moc	
na rezystor:	0,25 W
całkowita:	1,8 W przy $+70$ $^{\circ}\text{C}$



### Typ 899-1

Obudowa 14-pin DIL zawierająca 13 rezystorów. Jedno wspólne wyprowadzenie dla wszystkich rezystorów. Wszystkie rezystory w matrycy mają taką samą rezystancję.

Obudowa:	14-pin DIL
Ilość rezystorów:	13
Moc	
na rezystor:	0,125 W
całkowita:	1,8 W przy $+70$ $^{\circ}\text{C}$



# Zastosowanie

*We wzmacniaczach jako obciążenia elementów aktywnych*

*W obwodach ustalających punkt pracy elementów aktywnych*

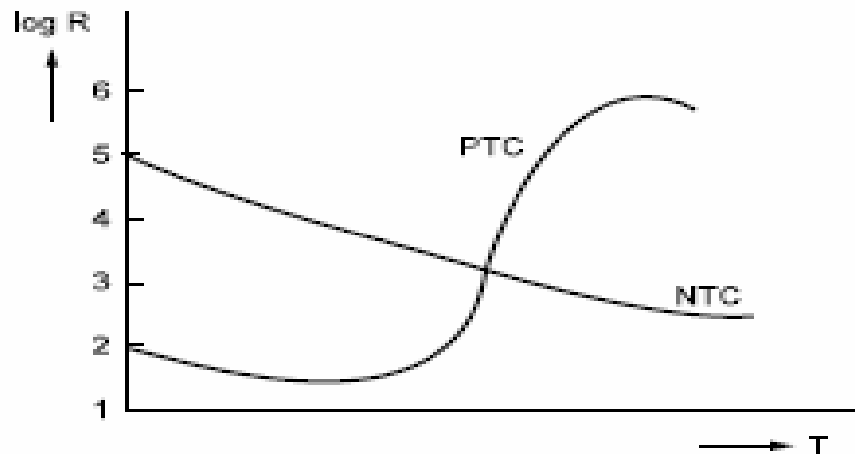
*Jako elementy sprzężenia zwrotnego*

*W układach logicznych jako końcowe obciążenia linii i szyn oraz jako rezystory podciągające*

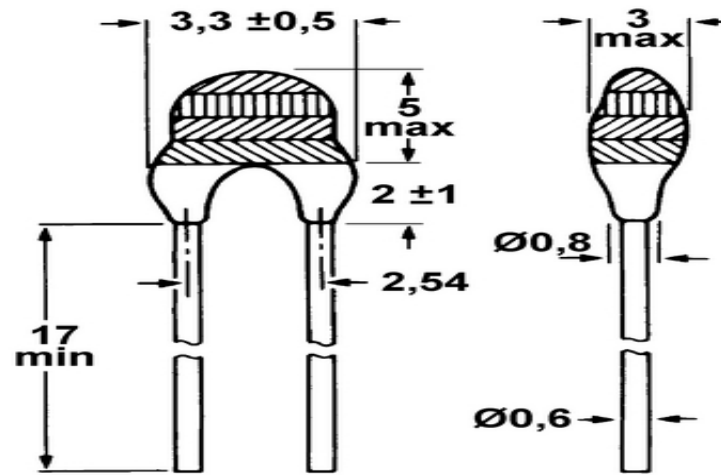


# TERMISTORY

- *Nieliniowe rezystory, których rezystancja zależna jest silnie od temperatury materiału oporowego*
- *Termistory NTC (Negative Temperature Coefficient)*
  - *posiadają ujemny współczynnik temperaturowy*
  - *zbudowane z polikrystalicznych półprzewodników, które stanowią mieszaniny związków chromu, manganu, żelaza, kobaltu i niklu*
  - *rezystancja termiczna zmienia się według wzoru :  $R = A * e^{B/T}$*
  - *wytrzymałe na przeciążenia impulsowe, wytrzymują wysokie temperatury*
  - *stosuje się je do pomiarów i regulacji temperatury, kompensacja temperaturowa itp.*
- *Termistory PTC (Positive Temperature Coefficient)*
  - *posiadają dodatni współczynnik temperaturowy*
  - *produkowane w podobny sposób jak termistory NTC, ale ich podstawą jest  $\text{BiTiO}_3$*
  - *stosuje się jako zabezpieczenia przeciw nadmiernemu prądowi*

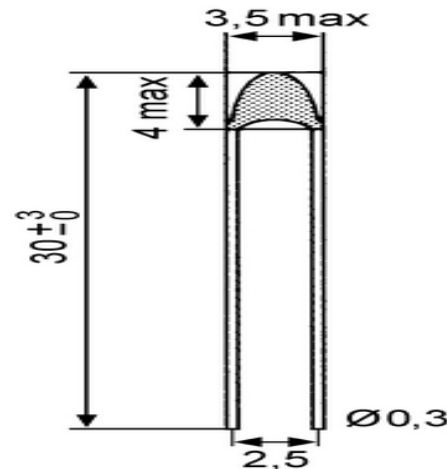


# Termistory NTC



## Dane techniczne:

Max moc:	59,5 mW
Tolerancja rezyst.:	$\pm 1 \%$
Tol.współcz.B:	$\pm 1 \%$
Zakres temp.:	-40 do +110 °C
Współcz.mocy:	0,7 mW/°C

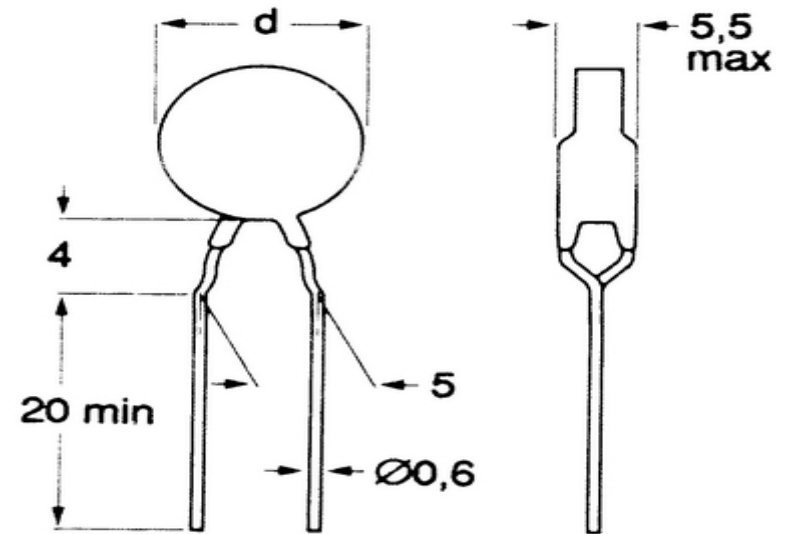
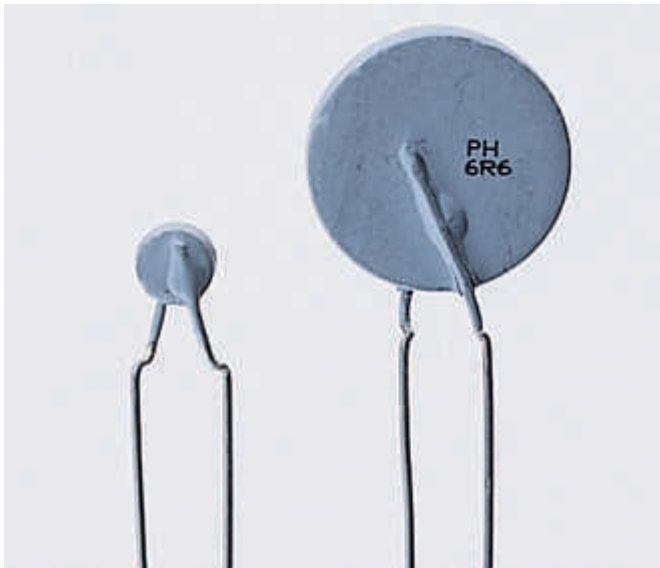


## Dane techniczne:

Maks. moc:	0,25 W (0 do +55 °C)
Tolerancja rezyst.:	$\pm 5 \%$
Zakres temperatur:	-40 do +125 °C
Wsp. mocy:	7 mW/°C
Term. stała czasowa:	11 s
Czas odpowiedzi:	1,2 s

# Termistory PTC

do ochrony przeciążeniowej



**KONDENSATORY**

# Krótki wstęp teoretyczny...

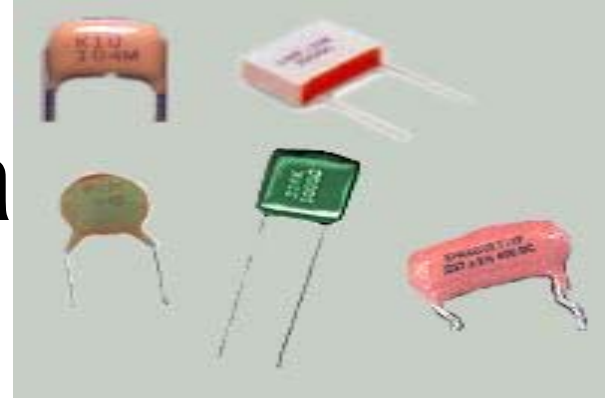
**Kondensator** to element elektroniczny zbudowany z dwóch przewodników (okładzin) rozdzielonych dielektrykiem.

Doprowadzenie napięcia do okładzin kondensatora powoduje zgromadzenie się na nich ładunku elektrycznego.

Kondensator charakteryzuje **pojemność** wyrażona w faradach. Jeden farad to bardzo duża jednostka, dlatego w praktyce spotyka się kondensatory o pojemnościach piko-, nano- i mikrofaradów.



# Kondensa



## Podstawowe zależności:

$$C = Q/U, I = C \times dU/dt, C = \epsilon \times A/d, X_c = 1/(\omega \times C), W = (1/2) \times C \times U^2, \tau = R \times C$$

gdzie:

$C$  – pojemność [F]

$Q$  – ładunek [C]

$U$  – napięcie [V]

$\epsilon$  – przenikalność elektryczna [F/m]

$A$  – powierzchnia [ $m^2$ ]

$d$  – odstęp między elektrodami [m]

$X_c$  – reaktancja [ $\Omega$ ]

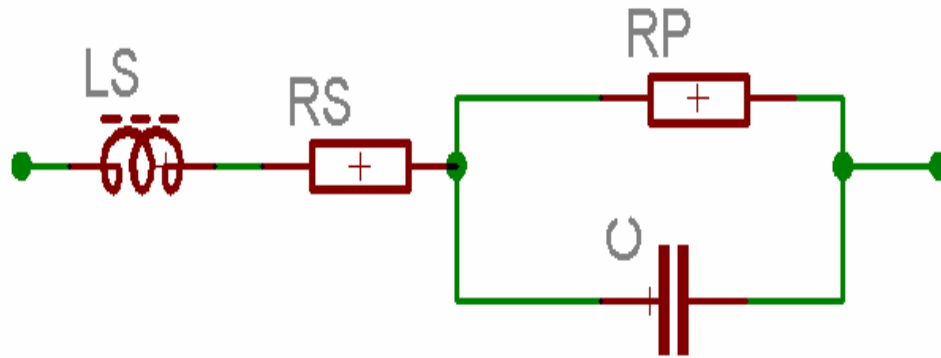
$\omega$  – pulsacja ( $= 2 \times \Pi \times f$ ) [rad/s]

$W$  – energia w kondensatorze [J]

$\tau$  – stała czasowa [s]

$R$  – rezystancja [ $\Omega$ ]

# Model kondensatora



gdzie:  
 $RS$  – rezystancja szeregowo wyprowadzeń i elektrod, elektrolitu oraz straty w dielektryku  
 $LS$  – indukcyjność doprowadzeń i elektrod  
 $RP$  – rezystancja izolacji w dielektryku

# Parametry

## **Pojemność nominalna**

*pojemność podawana przez producenta kondensatora; pojemność rzeczywista różni się od pojemności nominalnej, jednak zawsze mieści się w podanej klasie tolerancji*

## **Tolerancja pojemności**

*podawana w procentach możliwa odchyłka rzeczywistej wartości opornika od jego wartości nominalnej*

## **Temperaturowy współczynnik pojemności (TWP)**

*współczynnik określający zmiany rezystancji pod wpływem zmian temperatury opornika, wartość współczynnika podaje się w %/K, ppm/K lub  $10^{-6}/K$*



# Parametry

## **Maksymalne napięcie pracy (napięcie nominalne)**

*Suma napięć stałych i zmiennych na zaciskach kondensatora w żadnym momencie nie powinna przekroczyć jego napięcia nominalnego.*

*Wartość tego napięcia zależy od wielu czynników m. in. od wytrzymałości elektrycznej dielektryka, jego grubości, odległości między elektrodami i wyprowadzeniami, rodzaju obudowy.*

## **Odporność na napięcia impulsowe**

*Określa z jaką częstotliwością kondensator może być ładowany i rozładowywany*

## **Prąd upływu**

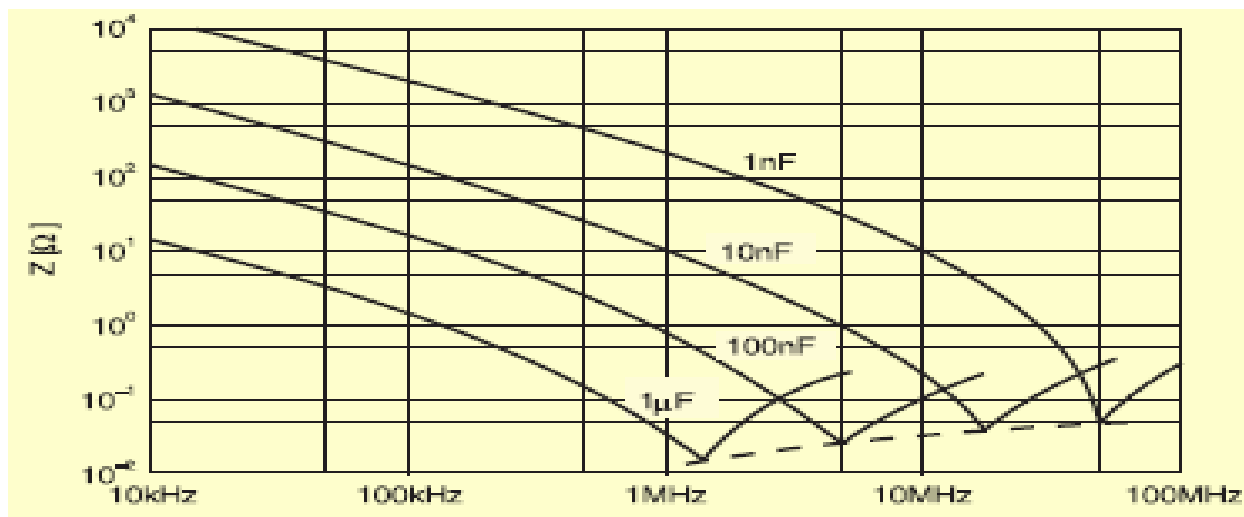
*Powoduje samorozładowanie kondensatora. Parametr ten charakteryzuje rezystancje izolacji. Jej wartość wynosi dziesiątki i setki megaomów.*

# Parametry

## Częstotliwość rezonansu własnego

Rezonans występuje gdy  $X_C$  i  $X_L$  kompensują się wzajemnie. Wówczas impedancja jest równa zastępczej rezystancji szeregowej (ESR).

Na poniższym wykresie, obrazującym przebieg impedancji kondensatora w funkcji częstotliwości, można bez trudu zaobserwować zjawisko rezonansu - występuje w minimum przebiegu.



# Parametry

## Współczynnik strat ( $\tan\delta$ )

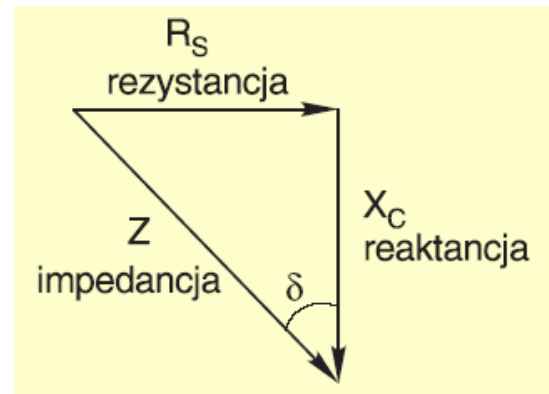
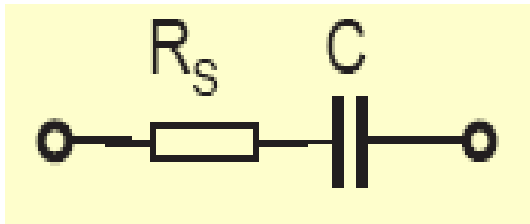
$$\tan\delta = ESR/X_c$$

*ESR (Equivalent Series Resistance) jest zastępczą rezystancją szeregową (na poniższym rysunku  $R_s$ ).*

*Zależy od częstotliwości i temperatury, niekiedy nawet od przyłożonego napięcia.*



















*Im większa wartość  $\tan\delta$  tym gorszy kondensator.*

*Od ESR zależy m.in. czy można przepuścić przez niewielki kondensator prąd zmienny o dużym natężeniu.*



# Oznaczanie kondensatorów

## Cechowanie kodowe kondensatorów ceramicznych typ 1

Umowna barwa punktu, kropki lub paska	Symbol temperaturowego współ. pojemności	Pojemność znamionowa			Tolerancja pojemności	
		pierwsza cyfra	druga cyfra	mnożnik	$C_n \leq 10\text{pF}$	$C_n > 10\text{pF}$
		pierwszy znak	drugi znak	trzeci znak	czwarty znak	piąty znak ( $\pm\text{pF}$ lub %)
 srebrny	-	-	-	0,01	-	10%
 złoty	-	-	-	0,1	-	5%
 czarny	NPO	0	0	1	-	-
 brązowy	N33	1	1	10	-	-
 czerwony	N75	2	2	100	2pF	2%
 pomarańczowy	N150	3	3	1000	-	-
 żółty	N220	4	4	-	-	-
 zielony	N330	5	5	-	-	-
 niebieski	N470	6	6	-	0,25pF	-
 fioletowy	N750	7	7	-	-	-
 szary	-	8	8	-	-	-
 biały	P33	9	9	-	1pF	-
 ciemnoniebieski	P100	-	-	-	-	-
brak	N47	-	-	-	0,5pF	20%
 pomar.-pomar.	N1500	-	-	-	-	-
 żółto-pomarańcz.	N2200	-	-	-	-	-
 zielono-pomar.	N3300	-	-	-	-	-
 niebiesko-pomar.	N4700	-	-	-	-	-
 czarno-pomar.	N5600	-	-	-	-	-

*Uwaga! Początek cechowania kodowego jest oznaczony większą kropką lub paskiem z wyraźnym odstępem między pozostałymi znakami. Oznaczenia współczynnika temperaturowego: np. N330 oznacza -330ppm/K, a P100 +100ppm/K.*

# Oznaczanie kondensatorów

## Pojemność znamionowa

Pojemność	Kod	Pojemność	Kod
0,15 pF	p15	150 nF	150n
0,332 pF	p332	332 nF	332n
1,5 pF	1p5	1,5 μF	1μ5
3,32 pF	3p32	3,32 μF	3μ32
15 pF	15p	15 μF	15μ
33,2 pF	33p2	33,2 μF	33μ2
150 pF	150p	150 μF	150μ
332 pF	332p	332 μF	332μ
1,5 nF	1n5	1,5 mF	1m5
3,32 nF	3n32	3,32 mF	3m32
15 nF	15n	15 mF	15m
33,2 nF	33n2	33,2 mF	33m2

## Tolerancja pojemności





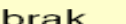






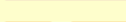





Tolerancja (%)	Kod	Tolerancja (%)	Kod
±0,005	E	±2,5	H
±0,01	L	±5	J
±0,02	P	±10	K
±0,05	W	±20	M
±0,1	B	±30	N
±0,25	C	-10...+30	Q
±0,5	D	-10...+50	T
±1	F	-20...+50	S
±2	G	-20...+80	Z

## Napięcie znamionowe

Napięcie	Kod
25V	m
40(50)V	l
63V	a
100V	b
160V	c
250V	d
400V	e
630V	f
1000V	h
1600V	i
500V	nie oznacza się

# Oznaczanie kondensatorów

## Temperaturowy współczynnik pojemności

Oznaczenie tworzywa lub zakres temperaturowego współczynnika pojemności ( $10^{-6}/1^{\circ}\text{C} = \text{ppm/K}$ )	Kod	Barwa punktu lub paska na jednobarwnym pokryciu kondensatora
P100 (+100)	A	 ciemnoniebieski
P33 (+33)	B	 różowy
NPO (0)	C	 czarny
N33 (-33)	H	 brązowy
N47 (-47)	N	brak
N75 (-75)	L	 czerwony
N150 (-150)	P	 pomarańczowy
N220 (-220)	R	 żółty
N330 (-330)	S	 zielony
N470 (-470)	T	 niebieski
N750 (-750)	U	 fioletowy
N1500 (-1500)	W	 pomar.-pomarań.
N2200 (-2200)	K	 żółto-pomarań.
N3300 (-3300)	D	 zielono-pomarań.
N4700 (-4700)	E	 niebiesko-pom.
N5600 (-5600)	F	 czarno-pomarań.
+140...-870	SL	 szary
+250...-1750	UM	 biały

## Cechowanie kondensatorów zagranicznych

### Przykłady

$$470 = 47\text{pF}$$

$$561 = 560 = 560\text{pF}$$

$$822 = 82\underbrace{00}_2 = 8,2\text{nF}$$

$$393 = 39\underbrace{000}_3 = 39\text{nF}$$

$$224 = 22\underbrace{0000}_4 = 220\text{nF}$$

$$125 = 12\underbrace{00000}_5 = 1,2\mu\text{F}$$

# Rodzaje kondensatorów

## Kondensatory elektrolityczne

*Występują w dwóch odmianach z elektrodami aluminiowymi lub tantalowymi.*

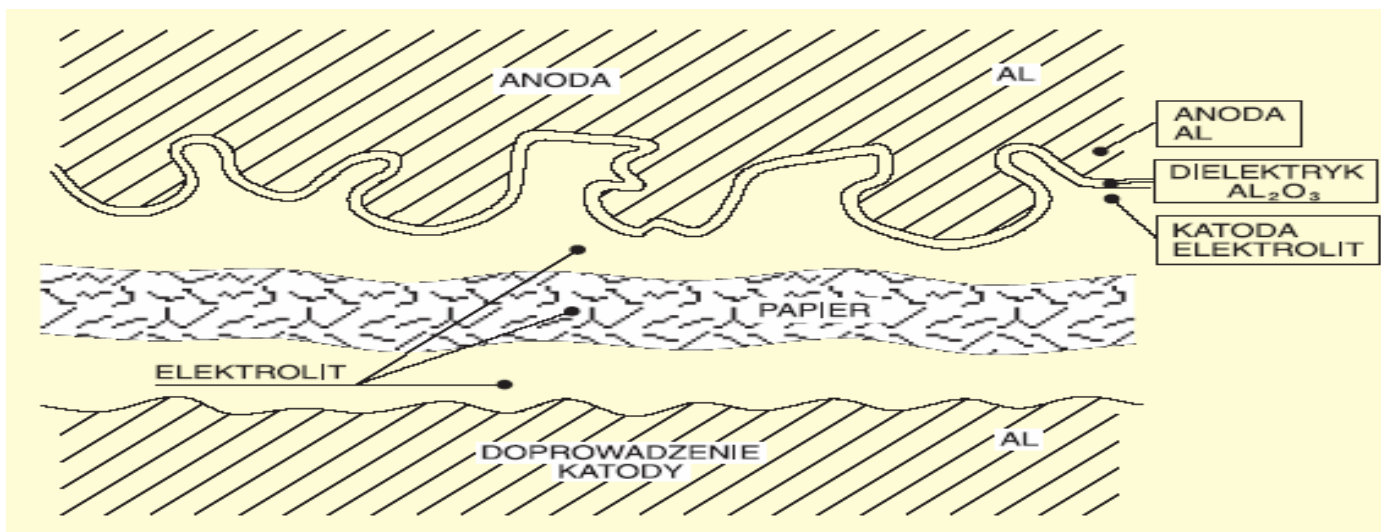


*Typowe kondensatory elektrolityczne muszą być polaryzowane napięciem o określonej biegunowości.*

*Przyłożenie napięcia przekraczającego wartość napięcia nominalnego lub też odwrotne podłączenie elektrod powoduje uszkodzenie kondensatora czemu najczęściej towarzyszy eksplozja, a trzeba wiedzieć że elektrolity wybuchają z hukiem, dymem i „zapachem”.*

*Elektrolity aluminiowe składowane przez dłuższy czas bez napięcia mają znaczny prąd upływu, który jednak po krótkim czasie od podłączenia napięcia zmniejsza się do pomijalnej wartości*

## Przekrój kondensatora elektrolitycznego aluminiowego



*Elektrodę dodatnią (anoda) stanowi aluminiowa okładzina o chropowatej, szorstkiej powierzchni, uzyskiwanej w wyniku trawienia chemicznego. Dzięki temu rzeczywista powierzchnia dodatniej elektrody jest znacznie większa niż wynikałoby to z wymiarów folii.*

*Elektrodą ujemną (katoda) jest tak naprawdę elektrolit, pozwala to wykorzystać zalety chropowatej powierzchni anody.*

*Izolatorem jest warstwa tlenku glinu ( $Al_2O_3$ ) o grubości ( $d$ ) znacznie mniejszej niż 1  $\mu m$  oraz o dużej wartości stałej dielektrycznej ( $\epsilon$ ).*



*W kondensatorach elektrolitycznych tantalowych anoda wykonana jest ze spiekanego proszku tantalowego. W wyniku spiekania otrzymuje się strukturę porowatą, przypominającą gąbkę.*

*Izolatorem jest warstewka tlenku tantalum  $Ta_2O_5$ .*



*Najczęściej spotyka się tzw. „tantale suche” w których elektrolitem jest  $MnO_2$ . Podobnie jak elektrolity aluminiowe, powinny być one polaryzowane napięciem o określonej biegunowości.*

*Uptywność kondensatorów tantalowych jest mniejsza niż aluminiowych a prądy upływu nie zmieniają się nawet po kilkuletnim okresie składowania bez napięcia.*

*Produkowane są również **kondensatory elektrolityczne bipolarne (niebiegunowe)**, jednakże w porównaniu z typowymi elektrolitami mają zdecydowanie większe prądy upływu oraz przy danych wymiarach, dwukrotnie mniejszą pojemność.*

# Rodzaje kondensatorów

## Kondensatory ceramiczne

*Produkowane z jednej lub z wielu płytek ceramicznych z nałożoną elektrodą metalową. W ich obrębie wyróżnia się kondensatory płytkowe („single plate”) - z pojedynczą warstwą dielektryka, oraz kondensatory wielowarstwowe (monolityczne) - zbudowane z wielu warstw dielektryka.*



*Kondensatory ceramiczne dzielą się wyraźnie na trzy grupy:*

### **Kondensatory ceramiczne typu 1**

*Zbudowane z materiału o niskiej stałej dielektrycznej. Charakteryzują się małymi stratami oraz wysoką stabilnością w funkcji temperatury, częstotliwości, napięcia i czasu.*

*Produkowane są ze ściśle określonym współczynnikiem temperaturowym w zakresie -1500 +150 ppm/K.*

*Zakres ich pojemności jest jednak mocno ograniczony do co najwyżej kilkunastu nanofaradów.*

# Rodzaje kondensatorów



## Kondensatory ceramiczne

### ***Kondensatory ceramiczne typ2 (ferroelektryczne)***

*Zbudowane z materiału o wysokiej stałej dielektrycznej. Mają znaczną pojemność przy stosunkowo niewielkiej objętości, co jednak okupione jest pogorszeniem wielu parametrów. Charakteryzują się niskimi stratami – ESR jest rzędu kilkudziesięciu miliomów*

### ***Kondensatory ceramiczne typu 3 (półprzewodnikowe)***

*Właściwościami podobne są do ferroelektryków, tyle że mają jeszcze mniejsze gabaryty. Charakteryzują się odmienną konstrukcją opartą na porowatym spieku podobnie jak w kondensatorach elektrolitycznych tantalowych.*

# Rodzaje kondensatorów

## Kondensatory z tworzywa sztucznego (foliowe)

*Klasyczne kondensatory foliowe zbudowane są z dwóch wstęg folii aluminiowej przedzielonej warstwą z tworzywa sztucznego stanowiącą dielektryk. Jednak większość spotykanych na rynku kondensatorów tego rodzaju to tzw. kondensatory metalizowane w których na jednej lub na obu stronach dielektryka naniesiona jest próżniowo cieniutka warstwa metalu stanowiąca okładziny. W oznaczeniu tych kondensatorów występuje litera M.*

Stosowane tworzywa sztuczne:

*poliester (PET), poliwęglan (PC), polipropylen (PP), polistyren, siarczek polifenylu (PPS)*



# Rodzaje kondensatorów

## Kondensatory papierowe

*W większości zastosowań zastępowane kondensatorami warstwowymi z tworzyw sztucznych.*

## Kondensatory mikowe

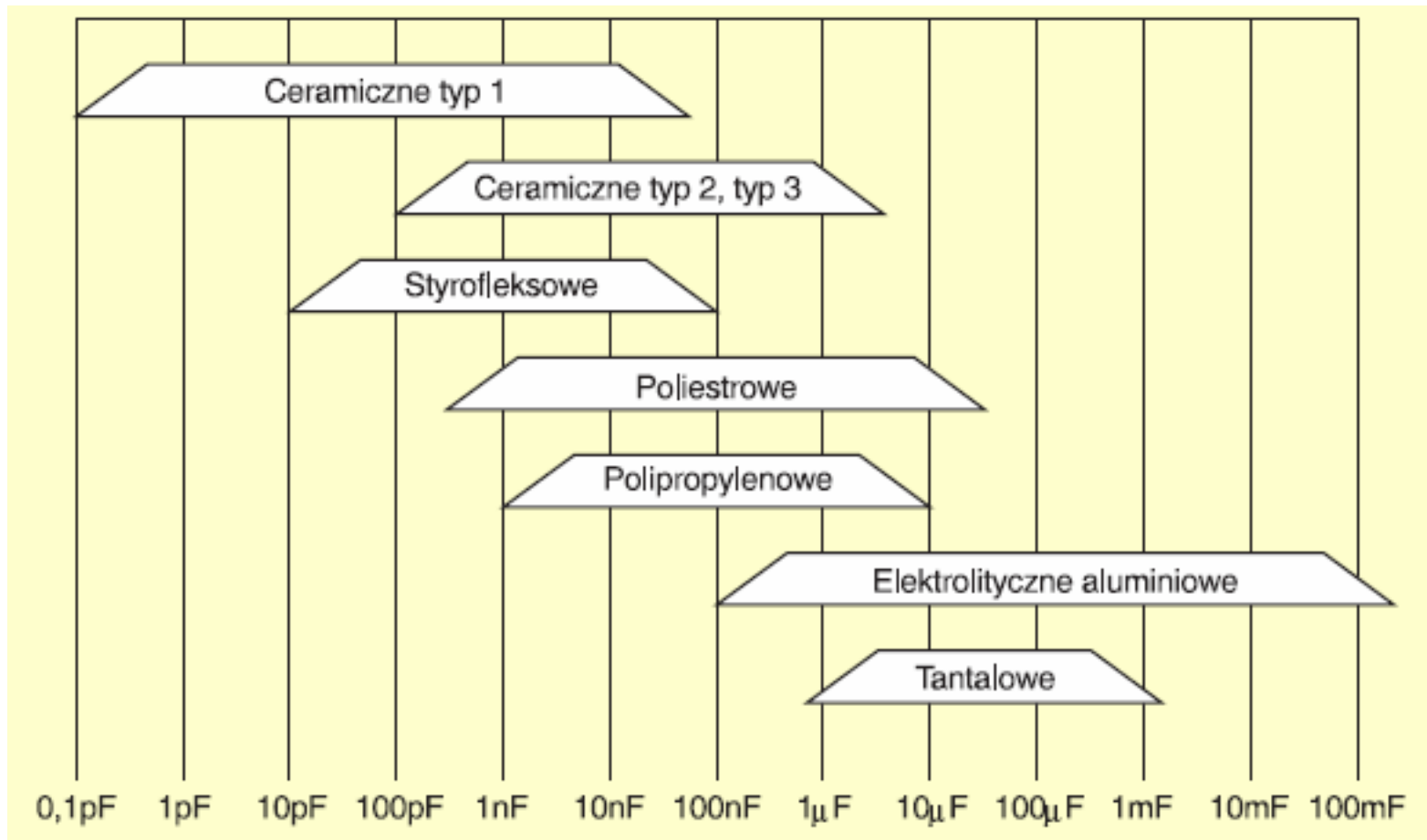
*Zbudowane podobnie, jak ceramiczne kondensatory wielowarstwowe.*

*Różnią się elektrodami wykonanymi ze srebra. Są względnie duże i drogie co powoduje że w znacznym stopniu zastępowane są przez kondensatory polipropylenowe .*



# Krótkie porównanie typów

Poniższy wykres prezentuje zakresy pojemności produkowanych kondensatorów:



# Krótkie porównanie typów

## Zestawienie kondensatorów ceramicznych

	Typ 1	Typ 2 (ferroelektryczne)	Typ 3 (półprzewodnikowe)
<b>zalety</b>	<i>Wysoka stabilność nie tylko w funkcji temperatury ale również częstotliwości, napięcia i czasu, najlepsze z popularnych kondensatorów, bardzo niska stratność</i>	<i>Znaczna pojemność przy niewielkiej objętości, stratność jest względnie mała w dość szerokim zakresie częstotliwości, niska cena</i>	<i>Jeszcze mniejsze gabaryty niż ferroelektryki</i>
<b>wady</b>	<i>Zakres ich pojemności ograniczony do co najwyżej kilkunastu nF</i>	<i>Dużo gorsze parametry w porównaniu z ceramikami typu 1, pojemność silnie zależy od częstotliwości i przyłożonego napięcia</i>	<i>Parametry podobne do ferroelektrycznych</i>
<b>zastosowania</b>	<i>Stosowane w układach wymagających wysokiej stabilności przy krytycznych warunkach temperatury np. w układach oscylatorów</i>	<i>Szerokie zastosowanie do odsprzęgania zasilania, sprzęgania poszczególnych stopni</i>	

# Krótkie porównanie typów

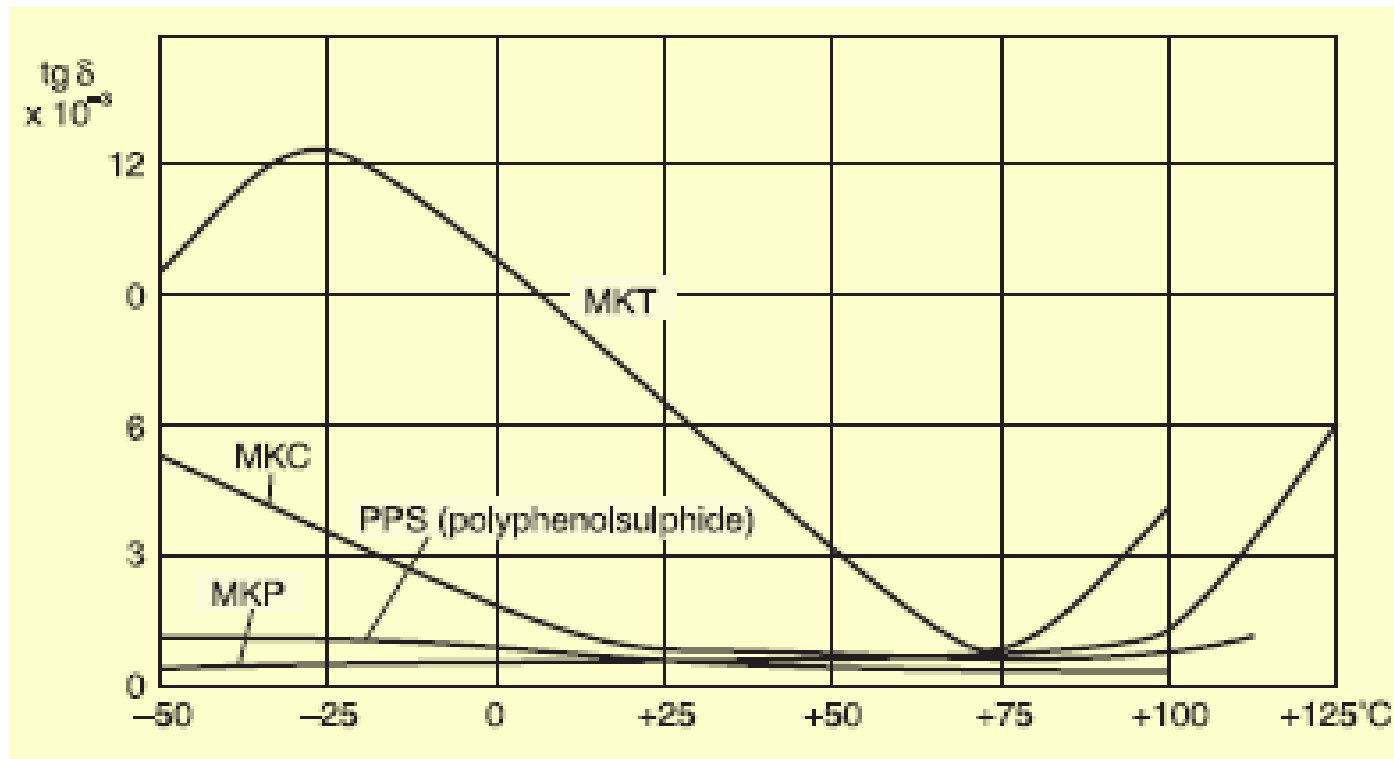
## Zestawienie kondensatorów z tworzyw sztucznych

	<b>Polistyrenowe</b>	<b>Poliestrowe</b>	<b>Poliwęglanowe</b>	<b>Polipropylenowe</b>
<b>oznaczenia</b>	<i>w kraju - KSF, w Europie - KS</i>	<i>w kraju - MKSE, w Europie - MKT</i>	<i>w kraju nie produkowane, w Europie – MKC</i>	<i>w kraju KMP, KFMP, w Europie MKP</i>
<b>stabilność</b>	<i>najbardziej stabilne z foliowych, pojemność niewiele zmienia się z upływem czasu, praktycznie nie zależy od częstotliwości</i>	<i>najgorsza stabilność spośród foliowych, pojemność zależy dość znacznie od częstotliwości</i>	<i>dobra stabilność, pojemność zależy od częstotliwości pięciokrotnie mniej niż dla MKT</i>	<i>wysoka stabilność</i>
<b>straty dielektryczne</b>	<i>bardzo małe, <math>\tan\delta</math> typowo mniejszy od 0,0005</i>	<i>przystoite <math>\tan\delta</math> w granicach 0,001 - 0,01</i>	<i>kilkakrotnie mniejsze niż dla MKT</i>	<i>małe</i>



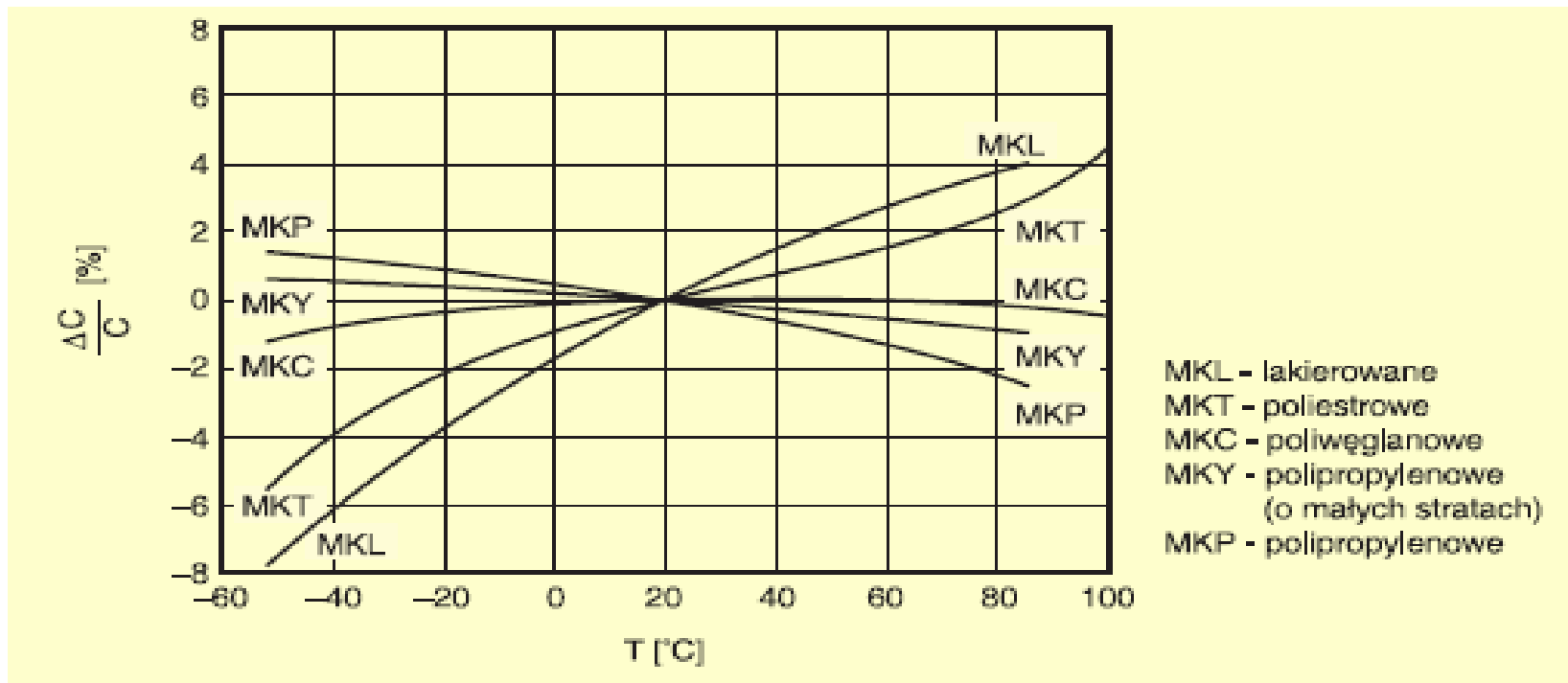
# Zestawienie kondensatorów z tworzyw sztucznych

## Współczynnik strat

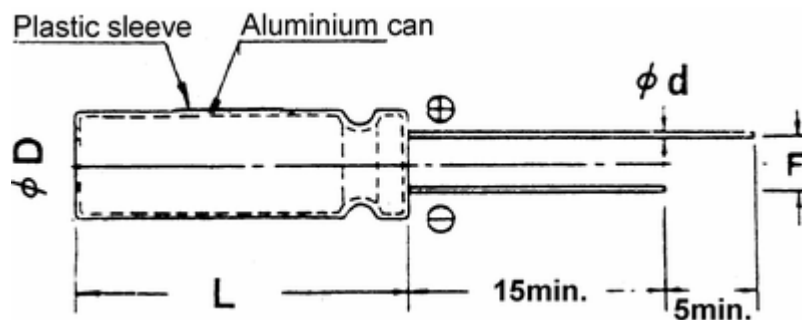
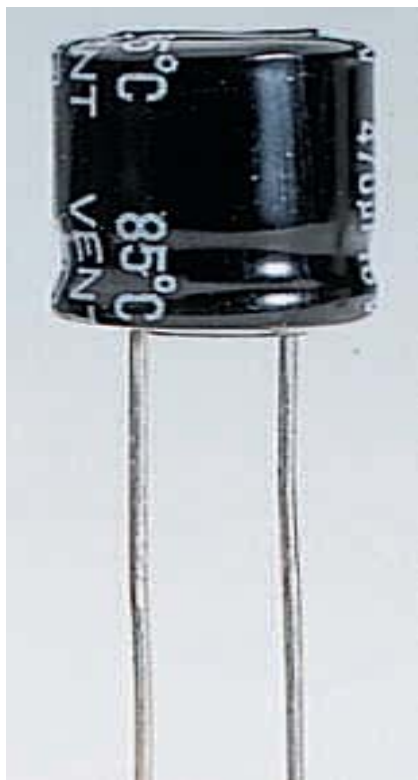


# Zestawienie kondensatorów z tworzyw sztucznych

## Temperaturowy współczynnik pojemności



# Kondensator elektrolityczny, aluminiowy



## Prod. Jamicon

Kondensator ogólnego stosowania. Z wygiętymi lub prostymi końcówkami.

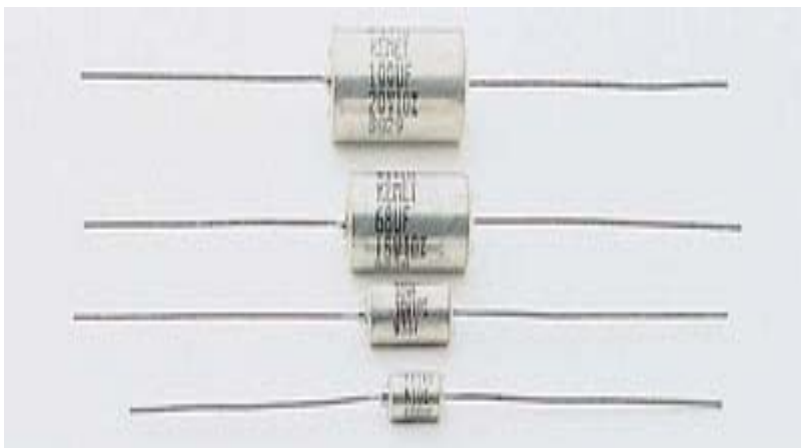
### Dane techniczne:

Tolerancja:  $\pm 20\%$

Zakres temp.:  $-40$  do  $+85$  °C

Prąd upływu:  $\leq 0,03 C \times U$  lub  $4 \mu A$

# Kondensator elektrolityczny, tantalowy



## Prod. Kemet, typ T110 enl Mil-C-39003

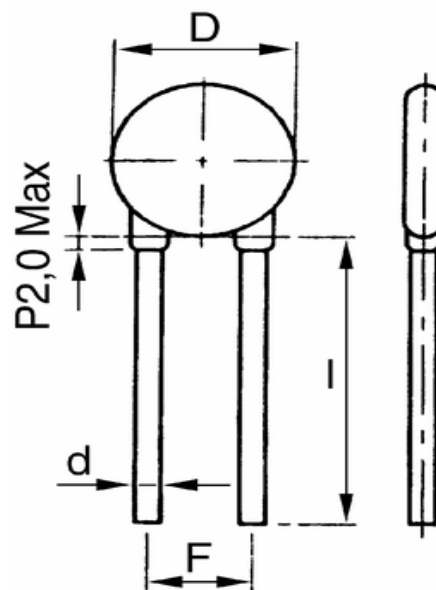
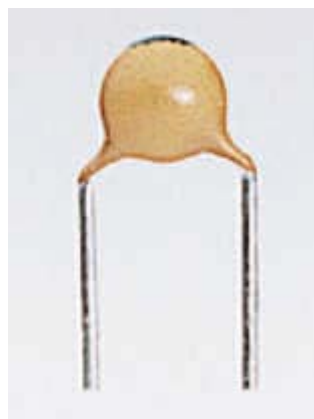
Elektrolity tantalowe z wyprowadzeniami osiowymi, suche, w hermetycznej obudowie metalowej standardu MIL. Ten typ kondensatora wykazuje świetną stabilność, mały prąd upływu, mały współczynnik strat i niską impedancję w szerokim zakresie temperatur i częstotliwości.

### Dane techniczne:

Tolerancja:  $\pm 10\%$

Zakres temperatur:  $-80$  do  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$

# Kondensator ceramiczny



## Prod. Hitano typ T/H

Kondensator ceramiczny, sprzęgający/rozdzielający. Krótkie (7 mm), proste nóżki o rozstawie (RM) 2,5 mm.

### Dane techniczne:

Zakres temp.: -25 do +85 °C

Max nap. rob.: 100 V=

Napięcie izol.: 250 V

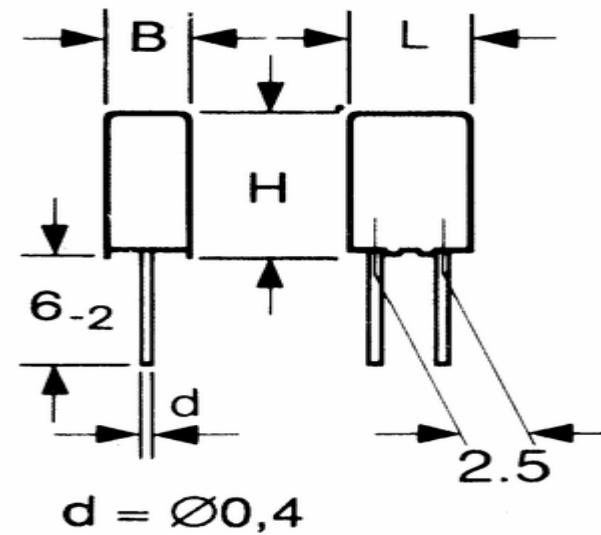
Rezyst. izol.:  $\geq 1 \times 10^9 \Omega$

Raster (RM): F=2,5mm

Dług. nóżek: l= 7 mm

Średn. nóżek: d=0,6 mm

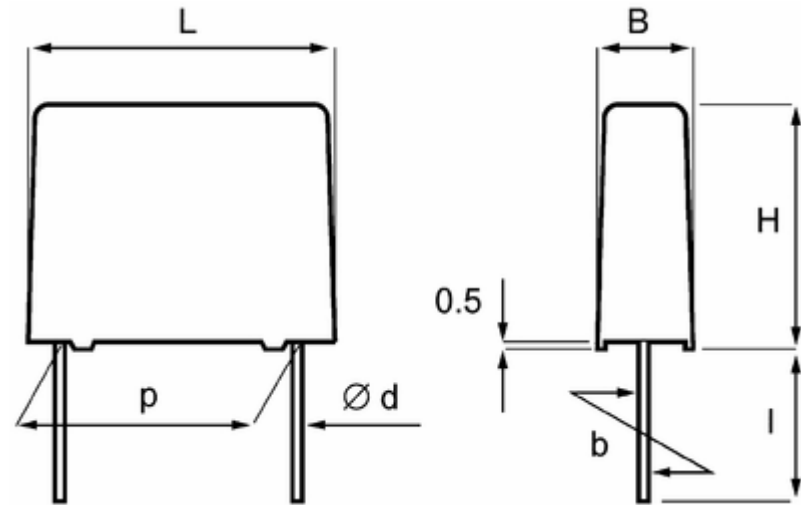
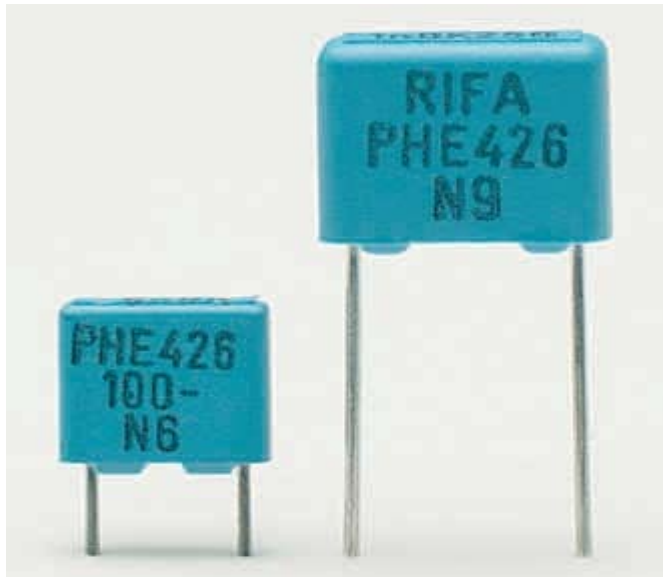
# Kondensator foliowy, poliestrowy, metalizowany



## Dane techniczne:

Tolerancja:	$\pm 20 \%$
Zakres temperatur:	$-55$ do $+100 \text{ }^\circ\text{C}$
Stratność $\text{tg } \delta$ :	$\leq 8 \times 10^{-3}$ przy $1 \text{ kHz}$ i $+20 \text{ }^\circ\text{C}$
Rezyst. izolacji R:	$1 \times 10^{10} \text{ } \Omega$ przy $+20 \text{ }^\circ\text{C}$
Napięcie izol.:	$1,6 \times U_n$ w czasie $2 \text{ s}$
Raster (RM):	$2,5 \text{ mm}$
Kolor:	Czerw.

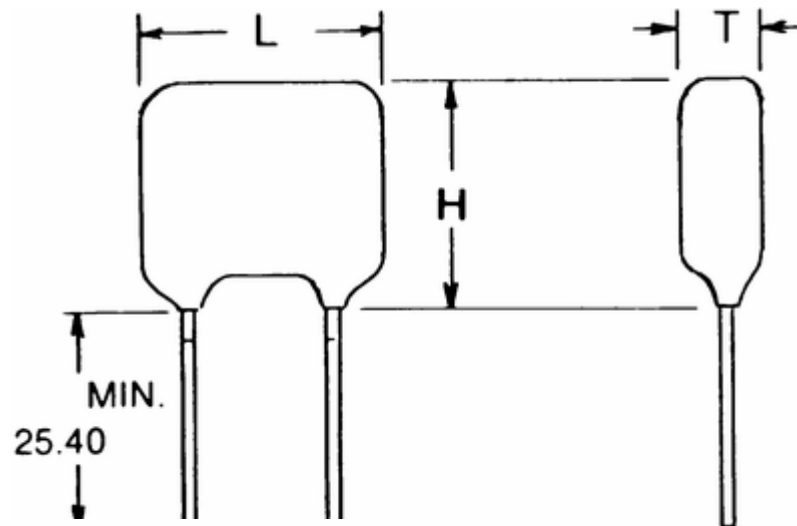
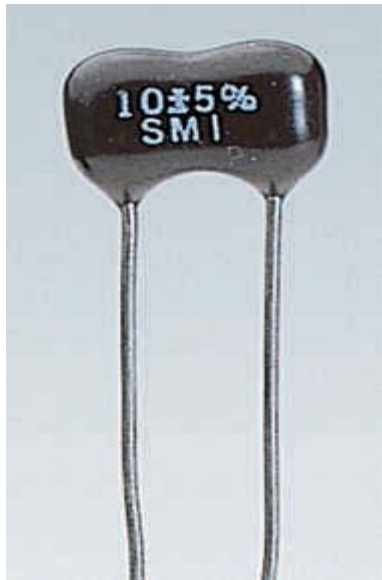
# Kondensator foliowy, polipropylenowy, metalizowany



## Dane techniczne:

Tolerancja:	$\pm 5 \%$
Współcz.temp.:	$-200 (+50/-100)$ ppm/°C przy 1 kHz
Zakres temp.:	$-55$ do $+105$ °C
Stratność $\tan \delta$ :	0,05 % dla $C \leq 0,1 \mu\text{F}$ , (przy 1 kHz, $+23$ °C) 0,05 % dla $0,1 \mu\text{F} < C \leq 1,0 \mu\text{F}$ , 0,10 % dla $C > 1,0 \mu\text{F}$
Rezyst.izol. R (przy $+23$ °C)	
$C \leq 0,33 \mu\text{F}$ :	$1 \times 10^4 \text{ M}\Omega$
$C > 0,33 \mu\text{F}$ :	30000 s ( $\text{M}\Omega \times \mu\text{F}$ )

# Kondensator mikowy



Kondensator mikowy do zastosowań o wysokich wymaganiach stabilności i dobrej charakterystyki temperaturowej np. w radiokomunikacji.

## Dane techniczne:

Tolerancja

≤20 pF: ±0,5 pF

>20 pF: ±5 %

Charakterystyka temp.

<20 pF: ±200 ppm/°C

20–80 pF: –20 do +100 ppm/°C

>80 pF: 0 do +70 ppm/°C

Zakres temp.: –55 do +125 °C

Max nap.: 500 V=



# Zastosowanie

	<b>Kondensatory elektrolityczne</b>	<b>Kondensatory ceramiczne</b>	<b>Kondensatory z tworzyw sztucznych</b>
<b>zastosowania</b>	<i>W każdym obwodzie elektronicznym w obwodach zasilania jako kondensatory filtrujące i gromadzące energię, stosowane również jako kondensatory sprzęgające i blokujące w urządzeniach m.cz. do mniej więcej 100kHz</i>	<i>Stosowane powszechnie w obwodach w.cz. zarówno jako elementy obwodów rezonansowych, jak i do sprzęgania, blokowania, filtrowania</i>	<i>Znajdują zastosowanie w średnich częstotliwościach mniej więcej od kilku herców do kilku megaherców, stosowane powszechnie w obwodach RC generatorów i filtrów</i>

# Zastosowanie

## kondensatory ceramiczne

	<b>Typ 1</b>	<b>Typ 2 (ferroelektryczne)</b>	<b>Typ 3 (półprzewodnikowe)</b>
<b>zastosowania</b>	<i>Stosowane w układach wymagających wysokiej stabilności przy krytycznych warunkach temperatury np. w układach oscylatorów</i>	<i>Szerokie zastosowanie do odsprzęgania zasilania, sprzęgania poszczególnych stopni</i>	

# Zastosowanie

## kondensatory z tworzyw sztucznych

	<b>Polistyrenowe</b>	<b>Poliestrowe</b>	<b>Poliwęglanowe</b>	<b>Polipropylenowe</b>
<b>zastosowanie</b>	<i>Ze względu na wysoką stabilność stosowane są w układach precyzyjnych np. w filtrach, były powszechnie stosowane w obwodach w.cz. i p.cz. ale obecnie są wypierane przez kondensatory ceramiczne typu 1</i>	<i>Obecnie najpopularniejsze kondensatory foliowe, stosowane powszechnie we wszelkim sprzęcie elektronicznym w zakresie m.cz. i p.cz., w mniej odpowiedzialnych miejscach np. przy odsprężaniu</i>	<i>W strojonych filtrach i generatorach</i>	<i>Przeznaczone przede wszystkim do pracy w obwodach impulsowych, stosowane w obwodach odchyłania odbiorników telewizyjnych i sieciowych zasilaczach impulsowych. W zastosowaniach wymagających niskiej absorpcji dielektrycznej np. w obwodach próbkujących i podtrzymujących.</i>