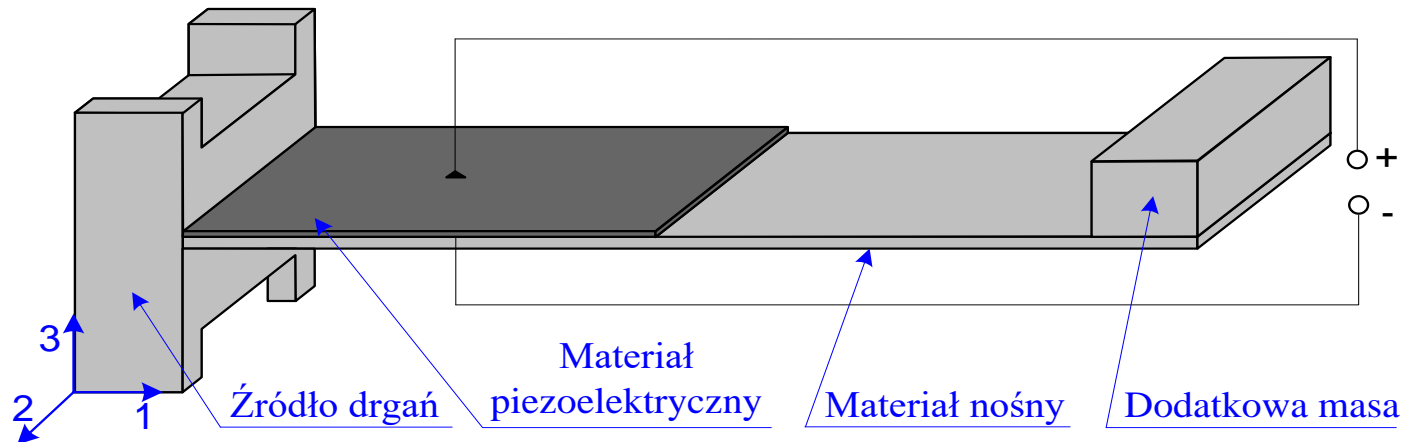


Urządzenia o belkowej konstrukcji mechanicznej

Głównym elementem struktury mechanicznej jest belka wspornikowa. Belka wspornikowa zbudowana jest z materiału nośnego, którym jest najczęściej aluminium, stal lub mosiądz oraz z jednej lub dwóch warstw materiału piezoelektrycznego, którym zwykle jest kompozyt MFC lub ceramika PZT. Struktura belkowa generatora budowana jest poprzez klejenie materiału nośnego z materiałem piezoelektrycznym. Na swobodnym końcu belki może być zainstalowana dodatkowa masa.

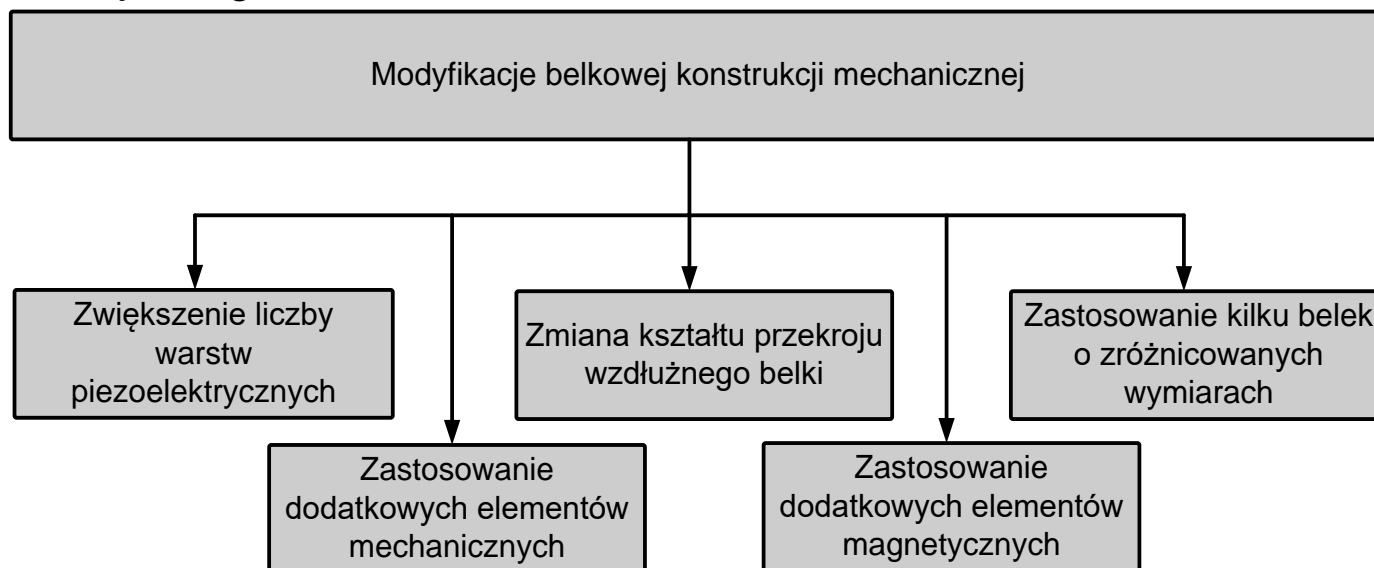


Rys. 1. Podstawowa konstrukcja belkowa układu do pozyskiwania energii

Rzeczywisty rozwój urządzeń o konstrukcji belkowej przebiega w dwóch głównych obszarach: optymalizacji struktury belkowej w celu zwiększenia odkształceń w materiale piezoelektrycznym oraz zastosowania nowych lub zmodyfikowanych materiałów piezoceramicznych, które zapewniają silne sprzężenie elektromechaniczne przy większej odporności na kruche pękanie w stosunku do klasycznej piezoceramiki.

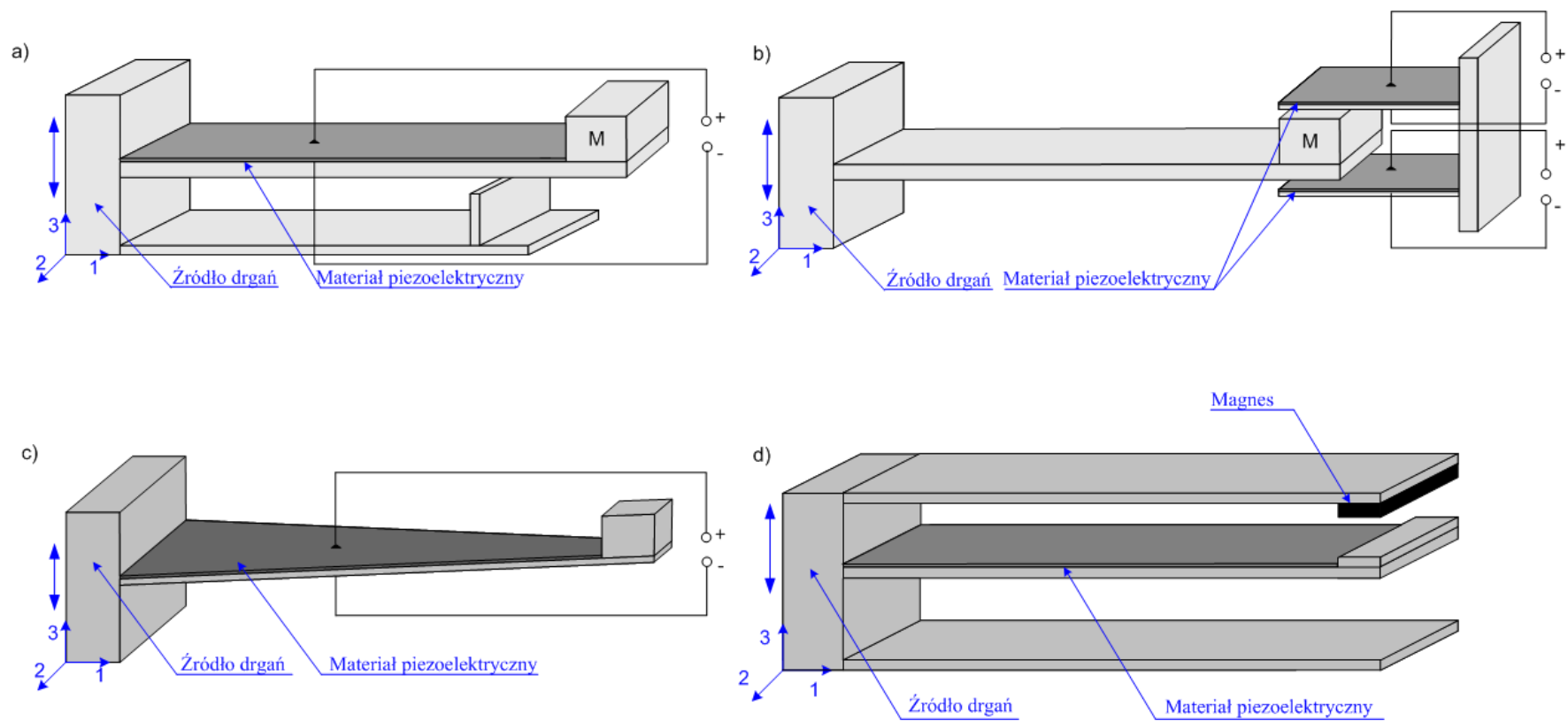
Urządzenia o belkowej konstrukcji mechanicznej

Optymalizacja struktury urządzeń do pozyskiwania energii realizowana jest poprzez odpowiedni dobór kształtu belki lub poprzez wprowadzanie dodatkowych elementów mechanicznych o właściwościach dynamicznych dostosowanych do źródła drgań mechanicznych. Istotne z punktu widzenia efektywności procesu pozyskiwania energii elektrycznej jest również wykorzystanie zewnętrznego, stałego pola magnetycznego. Siła magnetyczna powoduje zwiększenie ugięcia belki w szerszym zakresie częstotliwości, co skutkuje wzrostem odkształceń piezoelementu i w konsekwencji – wzrostem ilości pozyskiwanej energii.



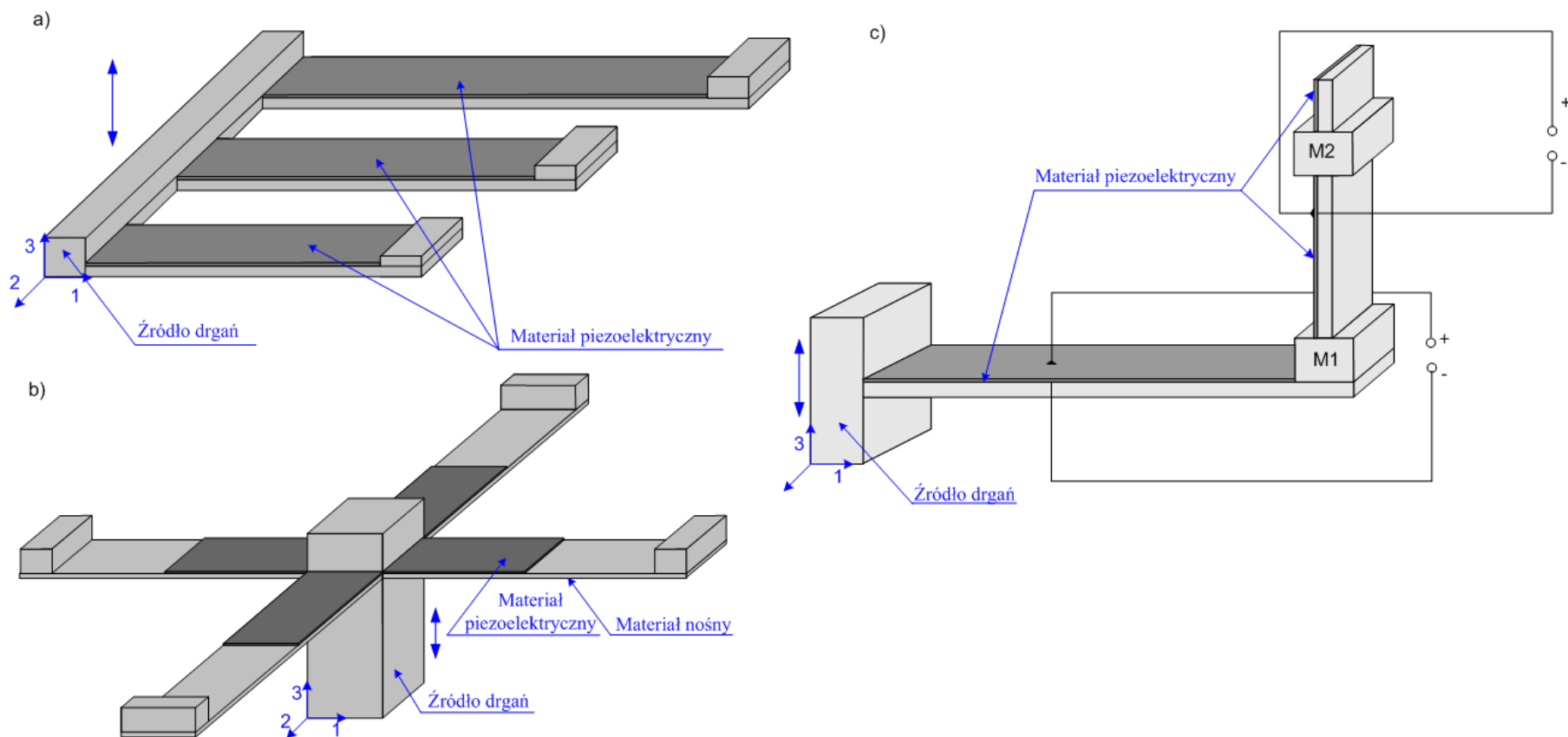
Rys. 2. Główne kierunki rozwoju konstrukcji belkowej

Urządzenia o belkowej konstrukcji mechanicznej



Rys. 3. Przykłady modyfikacji urządzeń o konstrukcji belki wspornikowej

Urządzenia o belkowej konstrukcji mechanicznej



Rys. 4. Przykłady modyfikacji urządzeń o konstrukcji z kilku belek wspornikowych

Przetwarzanie energii w urządzeniach o konstrukcji belkowej

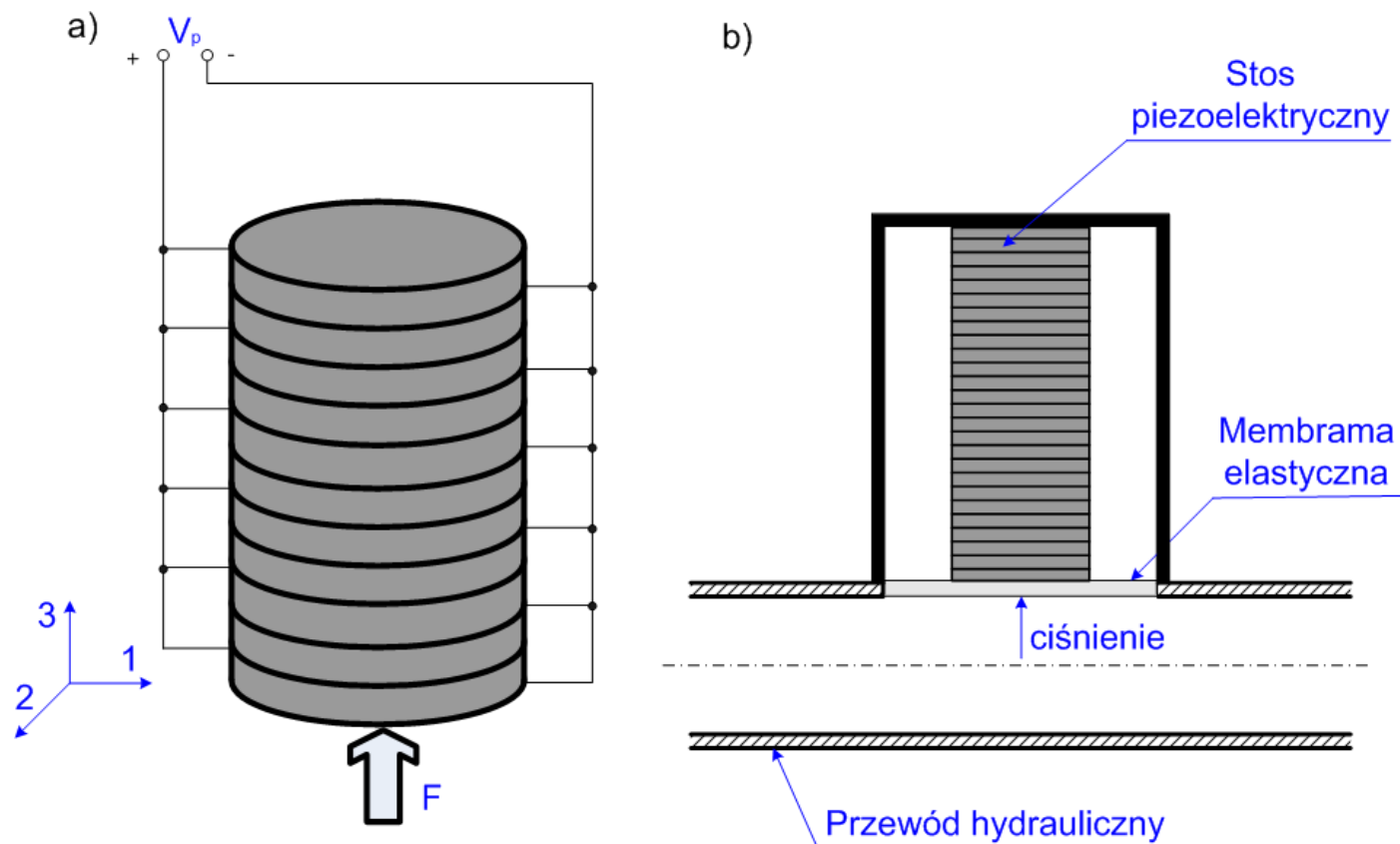
- największa moc elektryczna jest pozyskiwana przy częstotliwości drgań źródła energii mechanicznej równej częstotliwości własnej konstrukcji belkowej urządzenia. W związku z tym wymiary belki powinny być dostosowane do częstotliwości drgań źródła energii mechanicznej. Jest to zadanie trudne, gdyż bardzo często nie występuje jedna częstotliwość drgań źródła, szczególnie w przypadkach konstrukcji, na które oddziałują czynniki środowiska naturalnego,
- ilość pozyskanej energii zależy od wymiarów materiału piezoelektrycznego, który jest poddawany odkształceniom. Im większe wymiary tym większa ilość energii pozyskiwana.

Tab. 1. Przykłady efektywności urządzeń

Struktura mechaniczna urządzenia	Rodzaj materiału piezoelektrycznego	Wymiary materiału piezoelektrycznego	Wymiary urządzenia	Częstotliwość źródła drgań	Max moc generowana
	-	[mm]	[mm]	[Hz]	[mW]
Belka wspornikowa (schemat na Rys. 1)	PZT	4 × 25,4×50,8×0,25	1 × 114,3×50,8×1,27	29,5	1,4
Belka wspornikowa (schemat na Rys. 1)	MFC	2 × 85×28×0,3	1 × 114,3×50,8×1,27	29,7	1,7
Belka z elementem magnetycznym (schemat na Rys. 3d)	MFC	1 × 28 × 7 × 0,3	1 × 70×10×0,6	26,5	1,4
Cztery jednakowe belki Wspornikowe (schemat na Rys. 4b)	PZT	4 × 30×10×0,5	4 × 100×10×0,2	35,5	8,0

Urządzenia zawierające stos piezoelektryczny

Głównym elementem tych układów jest stos piezoelektryczny oraz dedykowana struktura mechaniczna, której kształt zależy od wybranego źródła energii mechanicznej.



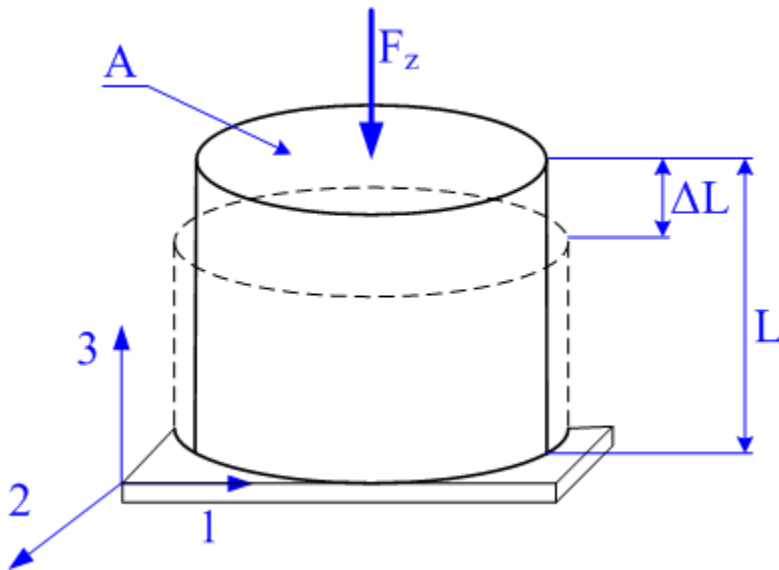
Rys. 5. Urządzenie o konstrukcji stosowej:

a) schemat stosu piezoelektrycznego,

b) schemat zastosowania do pozyskiwania energii ze zmian ciśnienia ciecży w przewodzie

Przetwarzanie energii w harwesterach

Wyznaczenie generowanej mocy elektrycznej dla płytki z ceramiki piezoelektrycznej dla przypadku, w którym kierunek działania siły zewnętrznej jest równoległy do kierunku polaryzacji materiału piezoelektrycznego.



Rys. 6. Schemat płytki z ceramiki piezoelektrycznej

$$S_3 = s_{33}^{(E)} T_3 + d_{33} E_3 \quad (1)$$

$$D_3 = d_{33} T_3 + \varepsilon_{33}^{(T)} E_3$$

$$V_p(t) = \frac{s_{33}^{(E)}}{d_{33}} \frac{L}{A} F_z(t) - \frac{1}{d_{33}} \Delta L(t) \quad (2)$$

$$i_p(t) = d_{33} \frac{dF_z(t)}{dt} - \varepsilon_{33}^{(T)} \frac{A}{L} \frac{dV_p(t)}{dt}$$

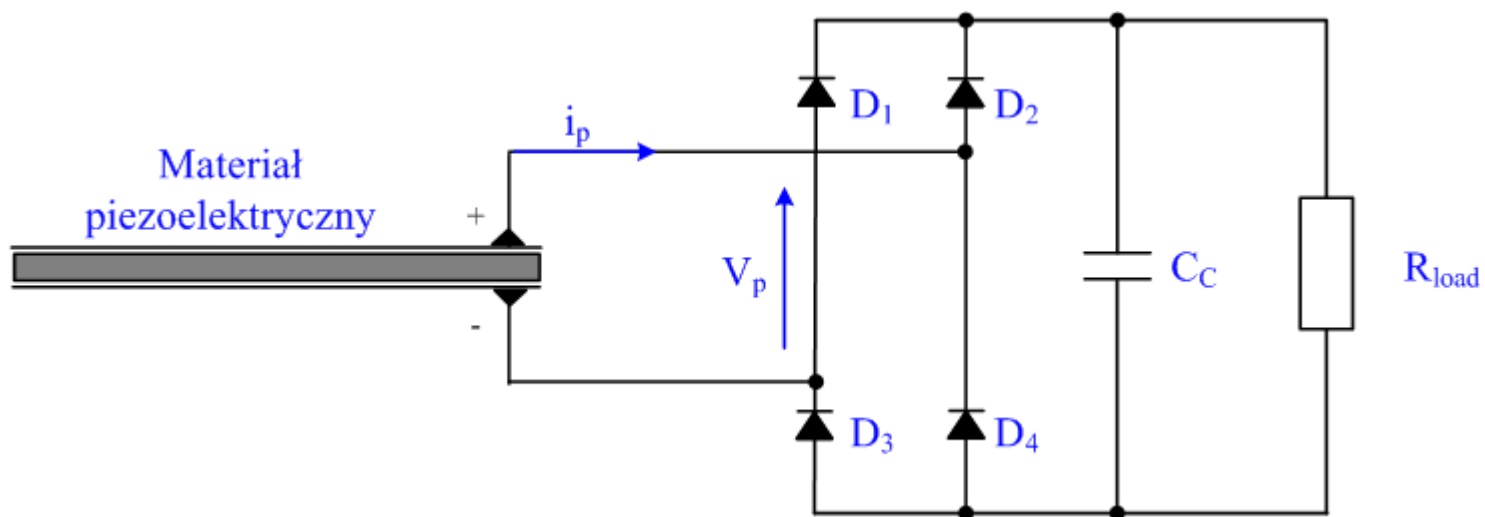
$$\lambda \varepsilon_{33}^{(T)} \frac{A}{L} \frac{dV_p(t)}{dt} + \frac{1}{R_l} V_p(t) = d_{33} \frac{dF_z(t)}{dt} \quad (3)$$

$$V(s) = \frac{d_{33}}{C_p} \frac{s R_l C_p}{1 + s R_l C_p} F_z(s) \quad \text{gdzie} \quad C_p = \frac{\varepsilon_{33}^{(T)} A}{L} \quad (4)$$

$$V_p(t) = \frac{d_{33}}{C_p} F_z(t) e^{-\frac{t}{R_l C_p}} \quad (5)$$

Elektryczny układ przekazywania energii

Harwester piezoelektryczny, niezależnie od struktury mechanicznej, zawiera układ elektryczny, którego zadaniem jest przekazywanie pozyskanej energii elektrycznej do odbiornika. Podstawowa struktura takiego układu obejmuje mostek Graetza oraz kondensator.



Rys. 7. Podstawowa struktura układu przekazywania energii elektrycznej