

KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA  
NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH  
W KONTEKŚCIE REGULACJI PRAWNYCH UE

## Emisja zaburzeń przewodzonych średniej częstotliwości w nowoczesnych układach przekształtnikowych

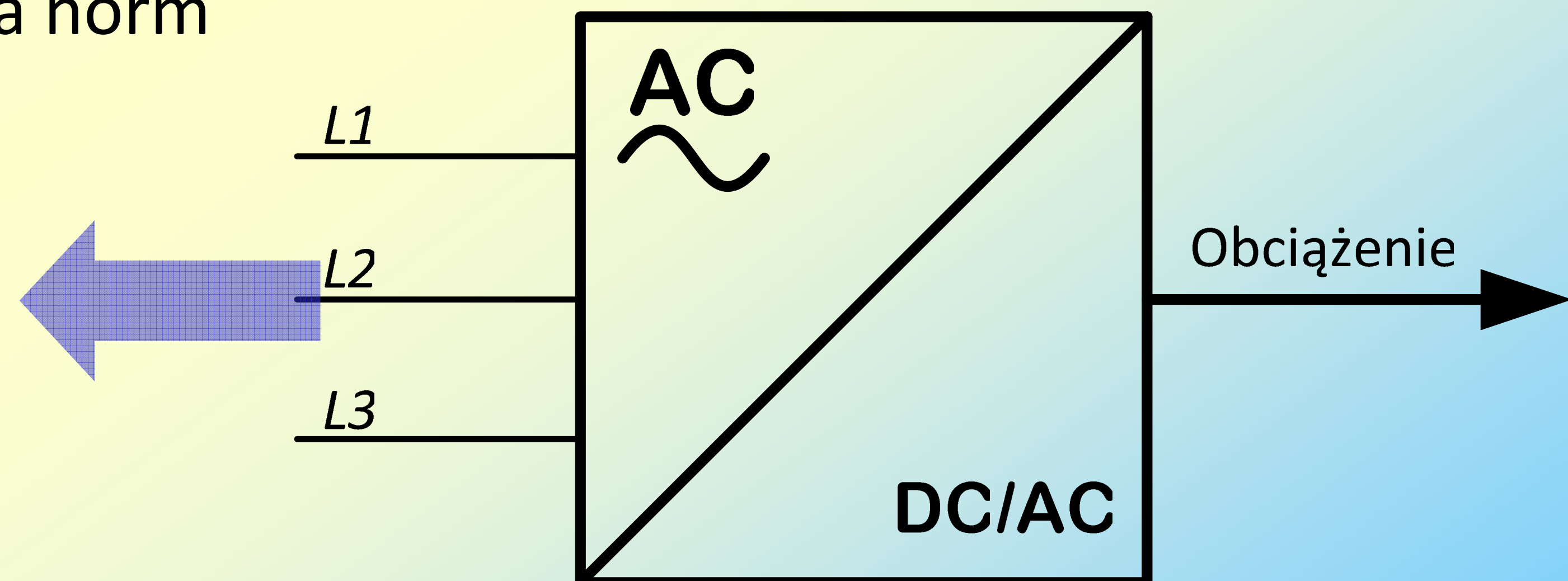
Jarosław Łuszcz

Katedra Energoelektroniki i Maszyn Elektrycznych  
Wydział Elektrotechniki i Automatyki

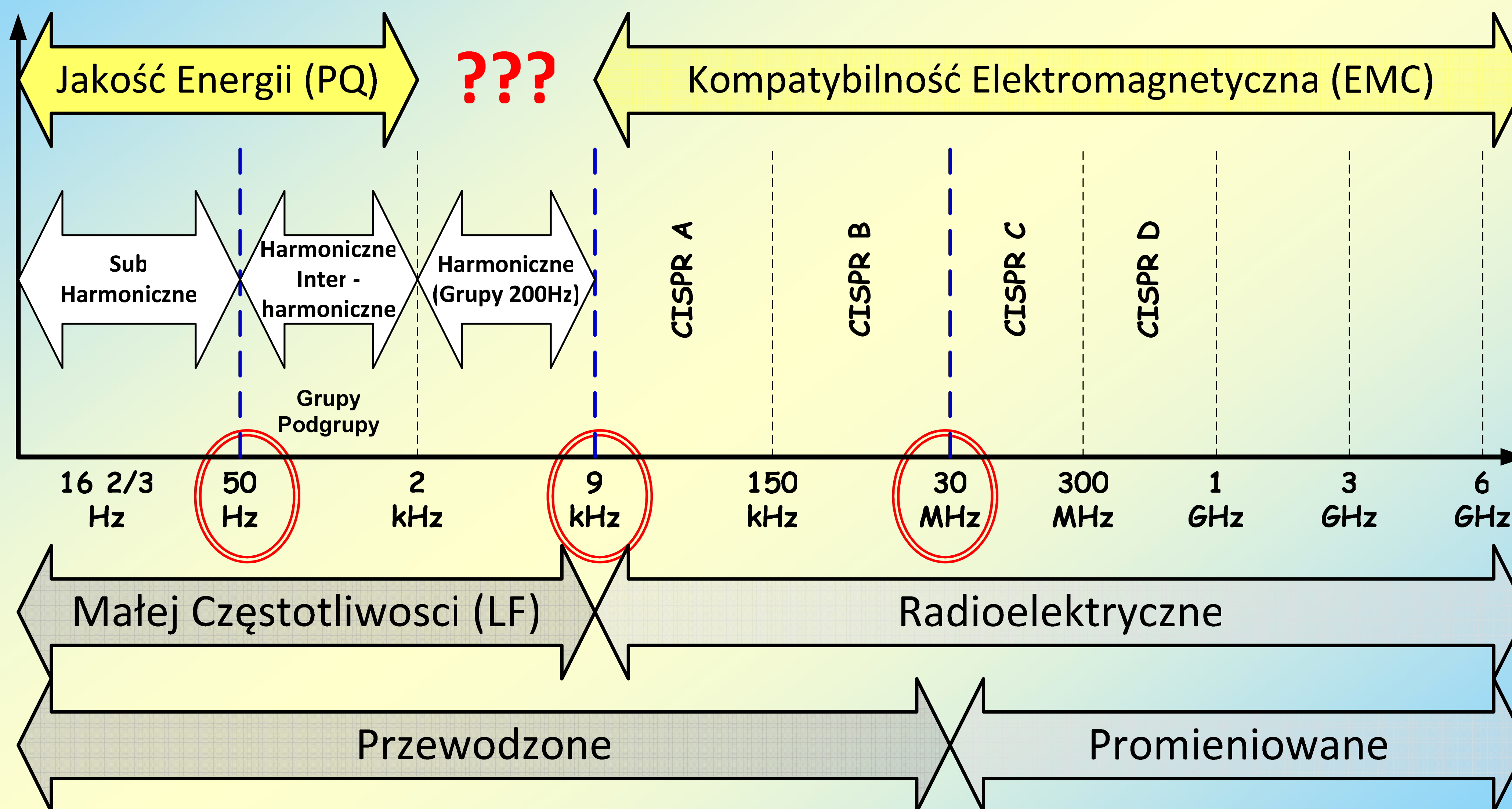
# Zaburzenia przewodzone w układach przekształtnikowych



- Generowanie niepożądanych prądów  $f \neq 50 \text{ Hz}$ 
  - Subharmoniczne, harmoniczne, tzw. małej częstotliwości (LF)
  - Radioelektryczne  $f > 9 \text{ kHz}$
- Oddziaływanie na sieć elektroenergetyczną
  - Dogodne warunki propagacji
  - Zakłócanie innych systemów
  - Wzmaganie norm



# Zakresy częstotliwościowe zjawisk PQ i EMC

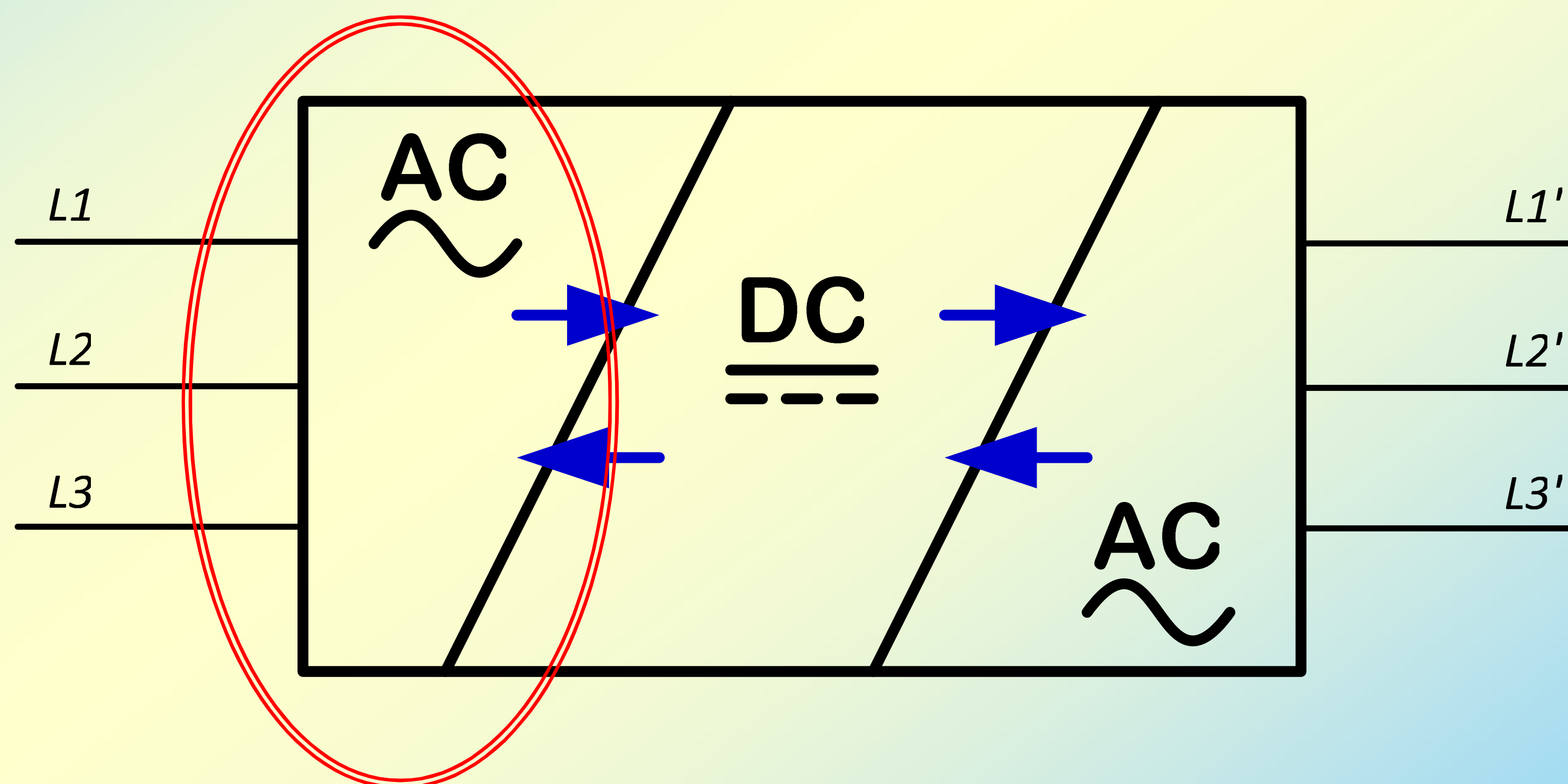




# Przekształtniki AC/DC oddziaływanie na sieć zasilającą



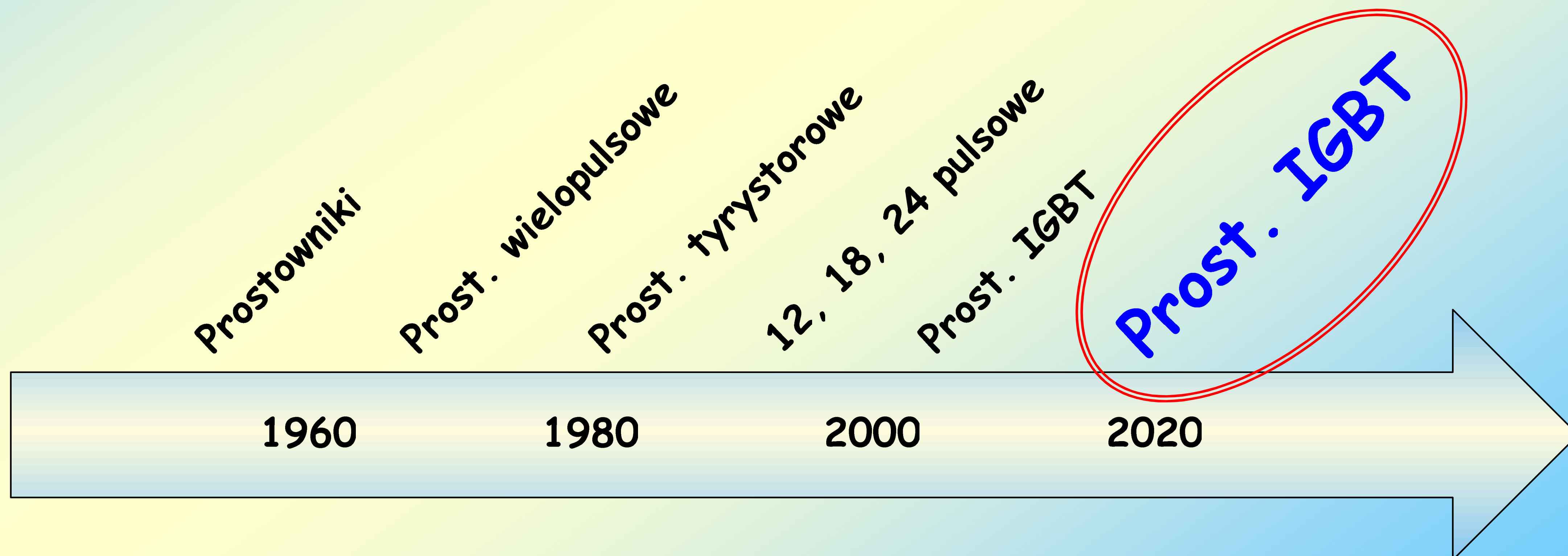
- Duża różnorodność rozwiązań
- Przekształtnik AC/DC – zawęża zagadnienie



# Przekształtniki AC/DC oddziaływanie na sieć zasilającą



- Rodzaje rozwiązań
  - Diodowe => brak regulacji
  - Tyrystorowe => regulacja ograniczona
  - Tranzystorowe => szerokie możliwości regulacji,
    - nowe rozwiązania, ograniczenie wpływu na sieć zasilającą


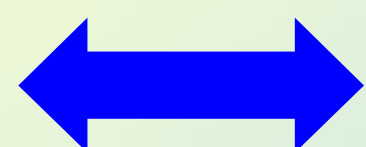


# Przekształtniki AC/DC

## klasyczne $\leftrightarrow$ aktywne (nowoczesne)



- Charakterystyka ogólna

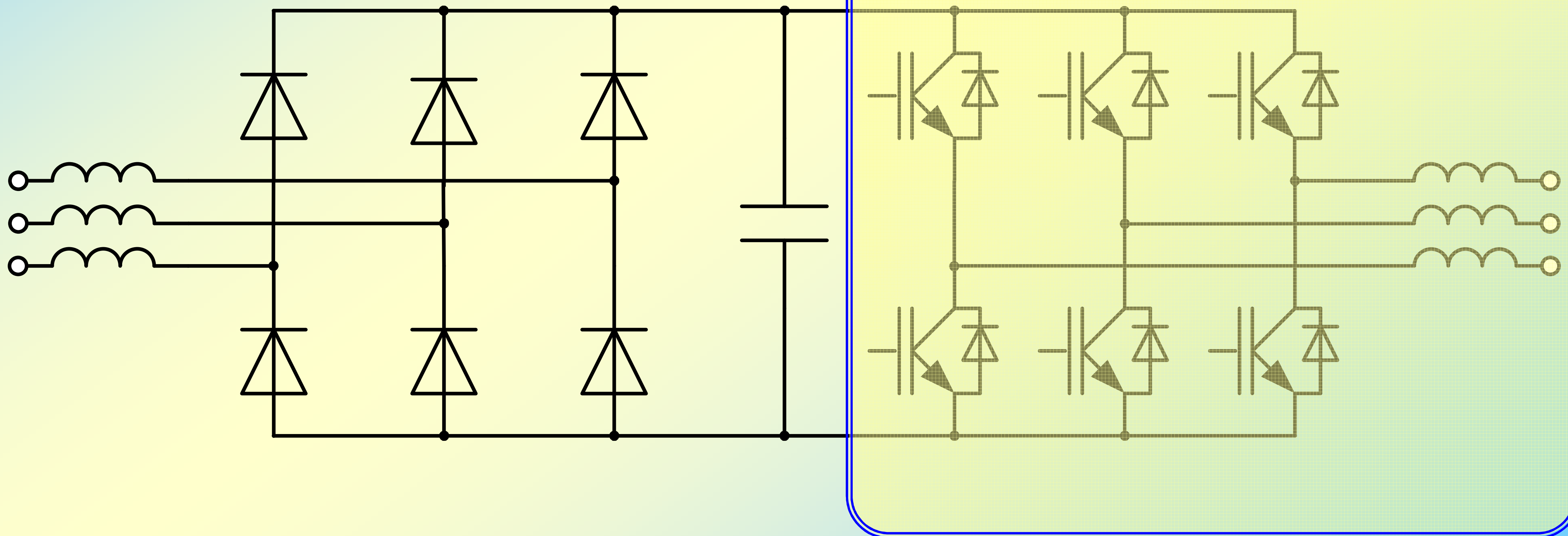
Klasyczne	Aktywne
Diody, tyrystory	Tranzystory IGBT
Jednokierunkowy przepływ mocy 	Dwukierunkowy przepływ mocy 
Problem - THD, $\cos\phi$	Problem – EMI
Moce obecnie głównie małe, wyjątek TRAKCJA	Moce coraz większe MW, nowe instalacje
PQ - ☹ ☹ ☹	PQ - ☺ ☺ ☺
EMI - ☹ ☹ ☹	EMI - ☹ ☹ ☹



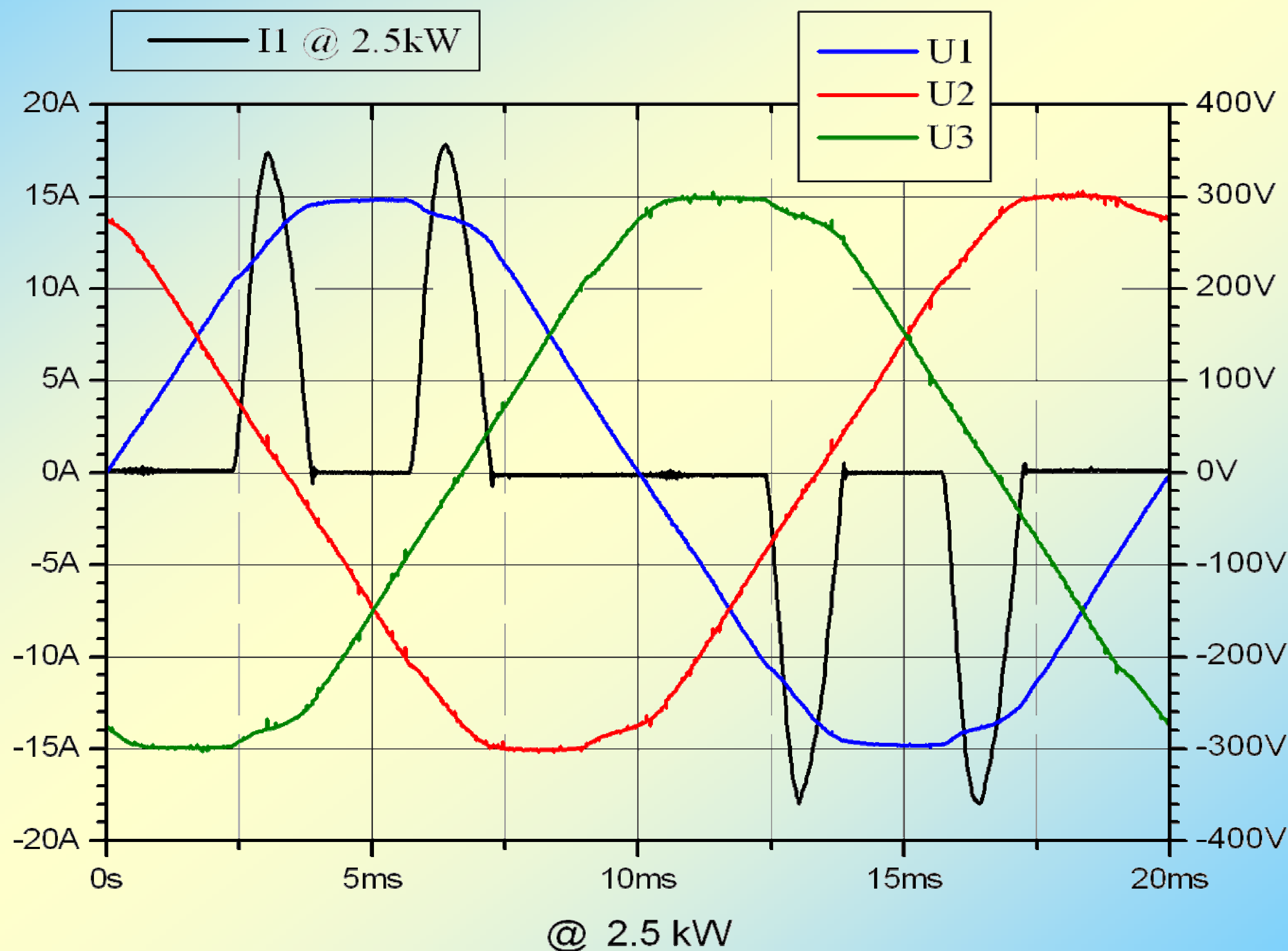
# Przekształtniki AC/DC klasyczne



- Prostowniki wielopulsowe
  - Diodowe (niesterowane)
  - Tyrystorowe (sterowane)

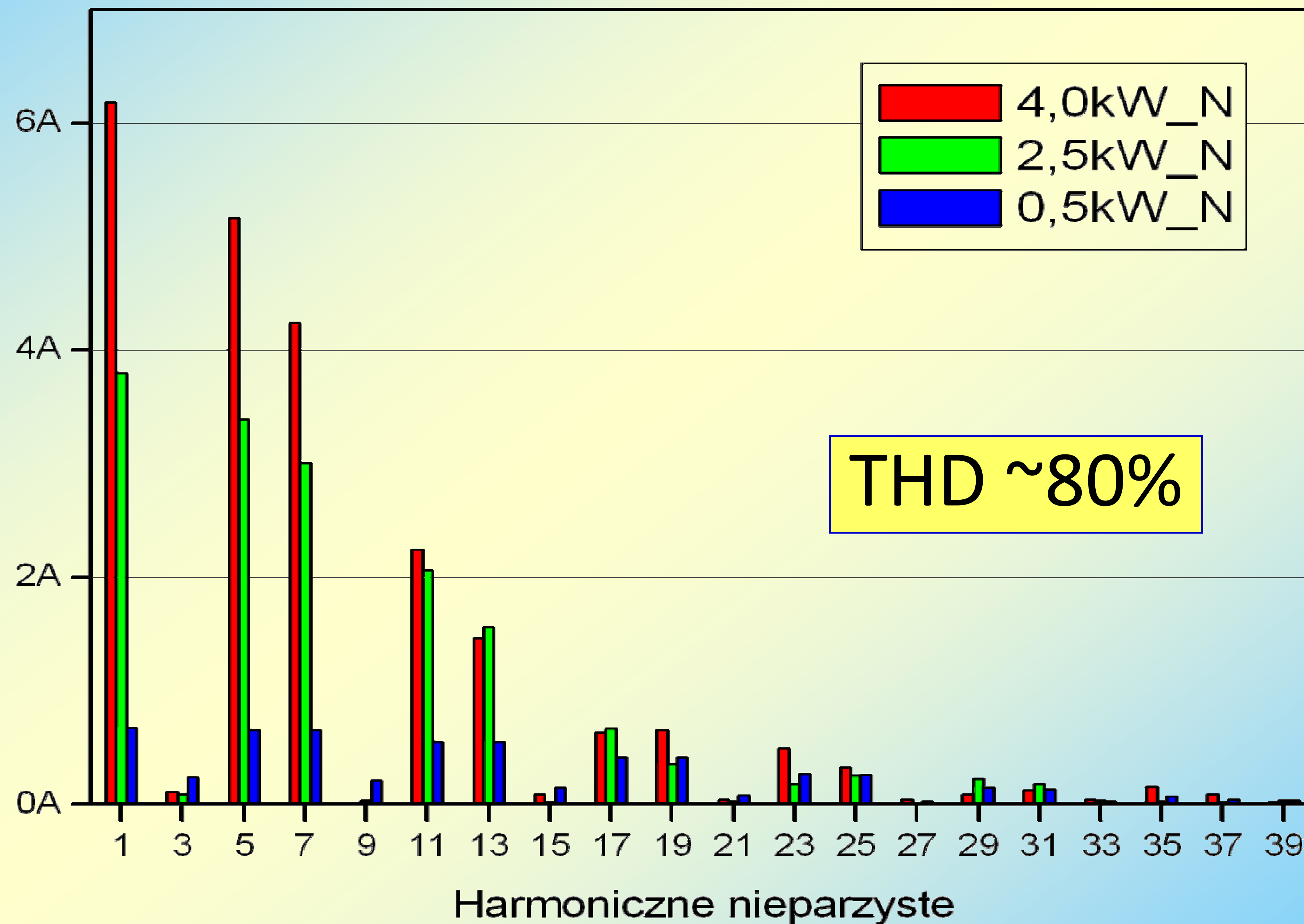


# Przekształtniki AC/DC klasyczne

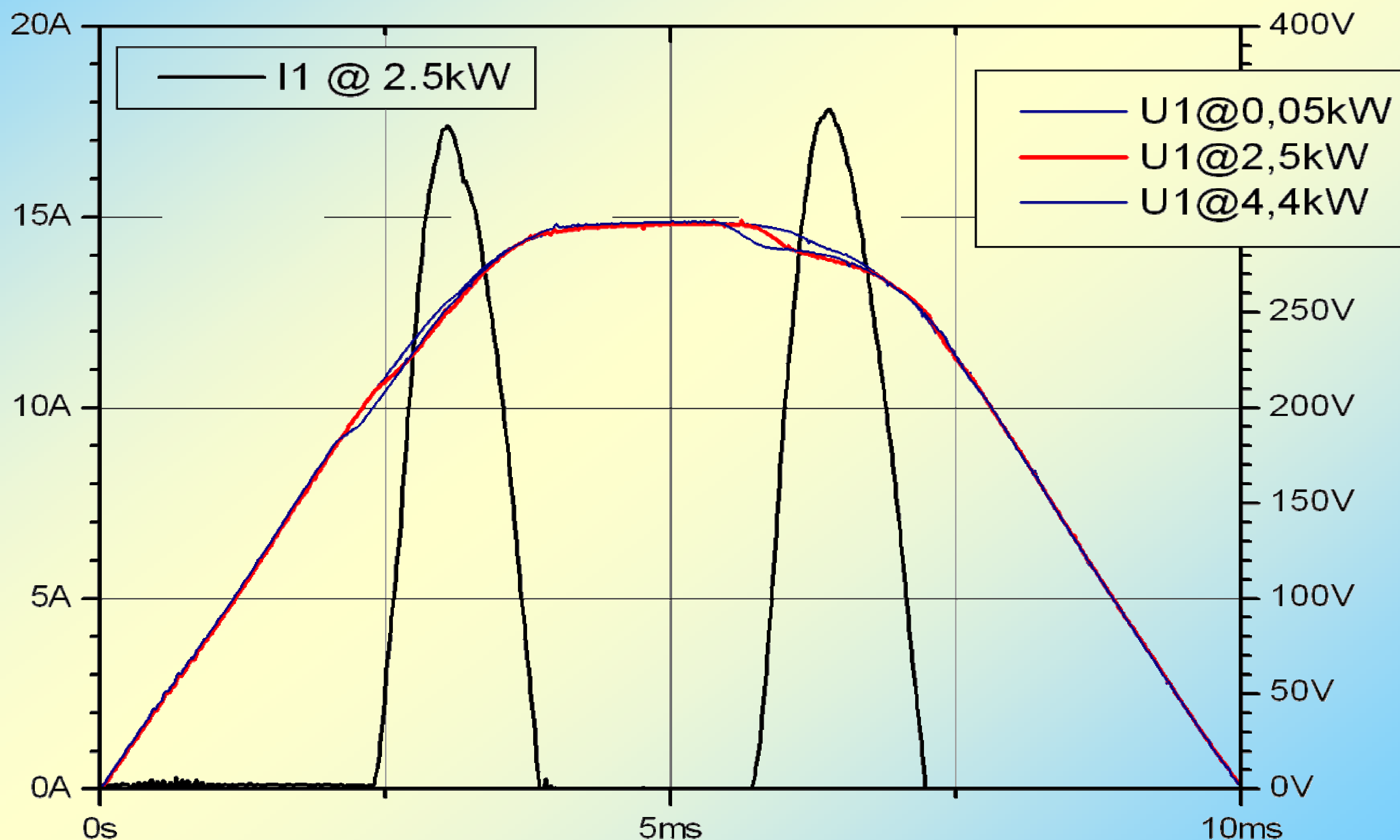




# Prze kształt niki AC/DC klasyczne



# Przekształtniki AC/DC klasyczne



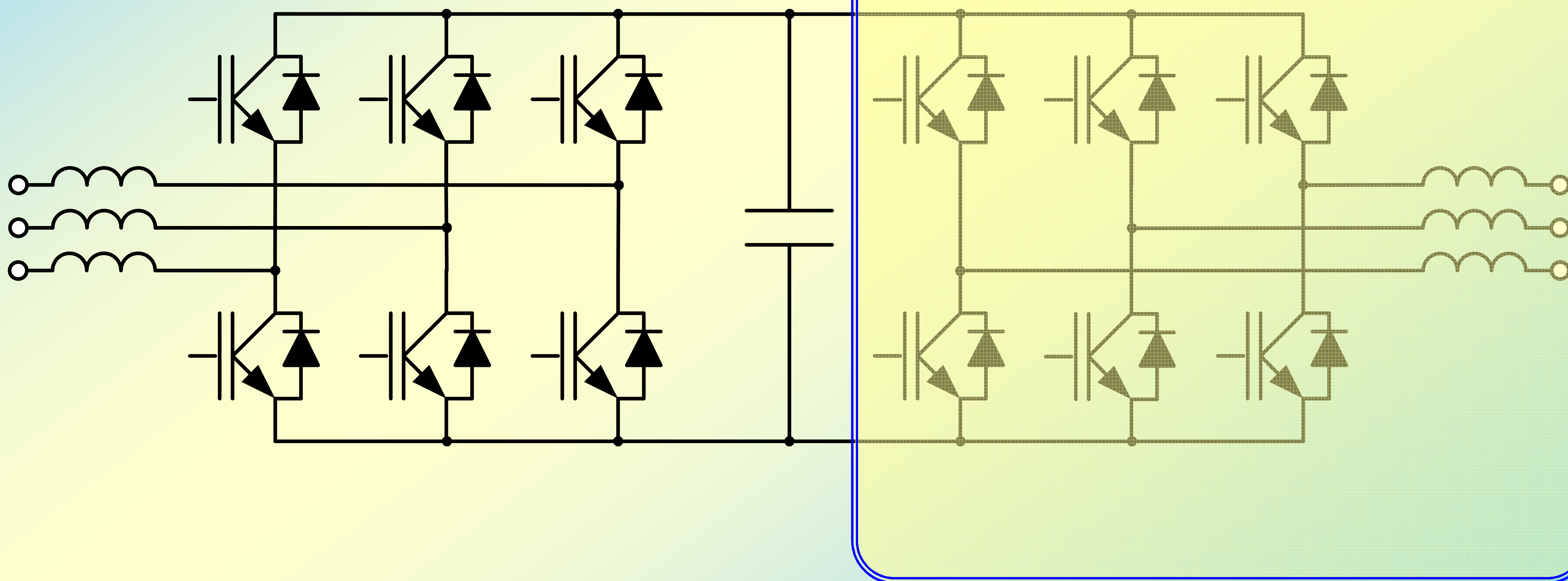
# Przekształtniki AC/DC – aktywne



- Istotne zwiększenie zastosowań
  - Wymagania w zakresie THDI
  - Poprawa współczynnika mocy PFC
  - Oszczędność energii – praca dwukierunkowa
- Zakres mocy
  - znaczący wzrost, od kilkuset W do kilku MW
- Zastosowania
  - Zasilacze impulsowe z PFC, np. zasilacze PC
  - Elektroniczne układy zasilania źródeł światła
  - Przekształtnikowe układy napędowe
  - Zasilacze UPS
  - Energetyka rozproszona

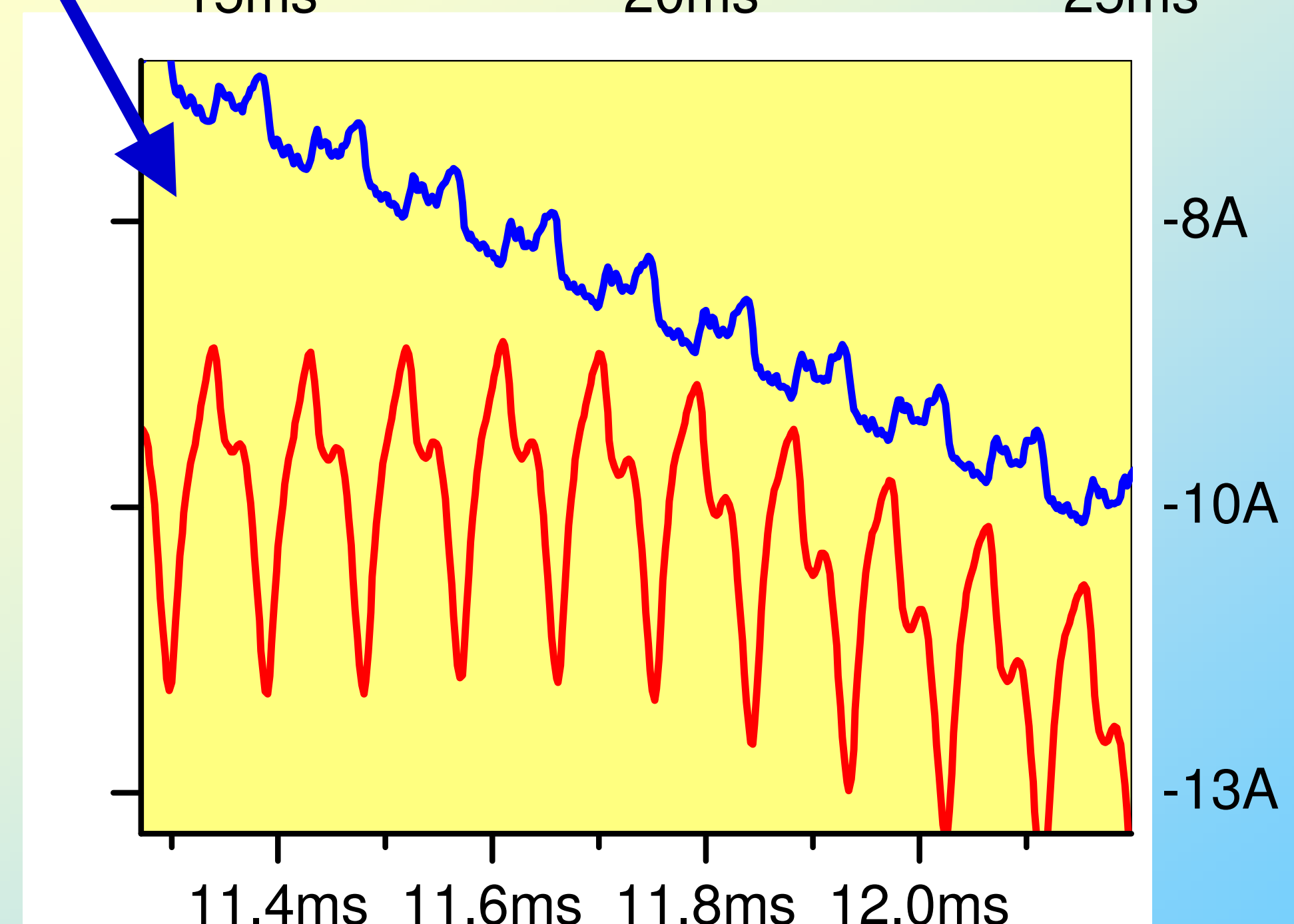
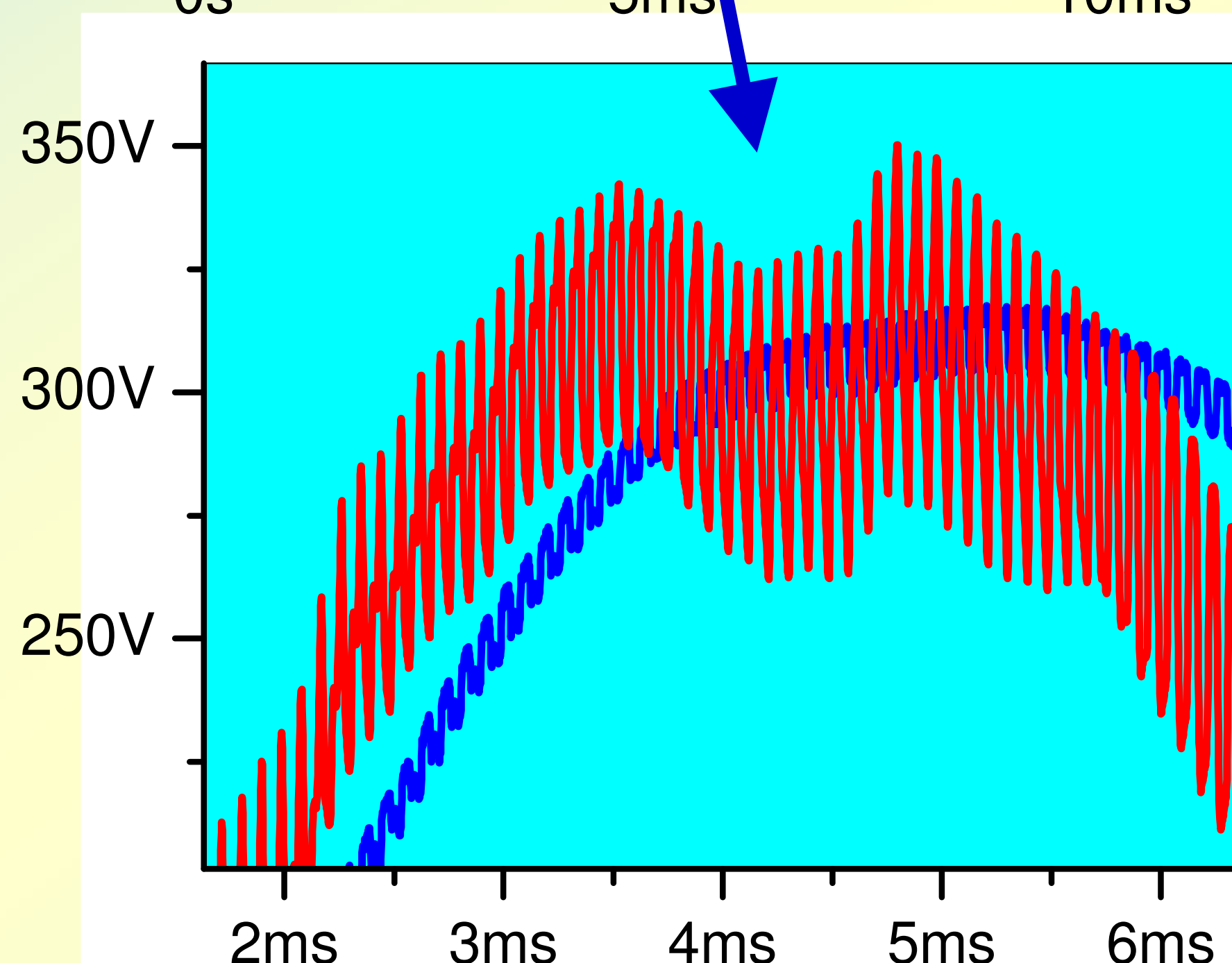
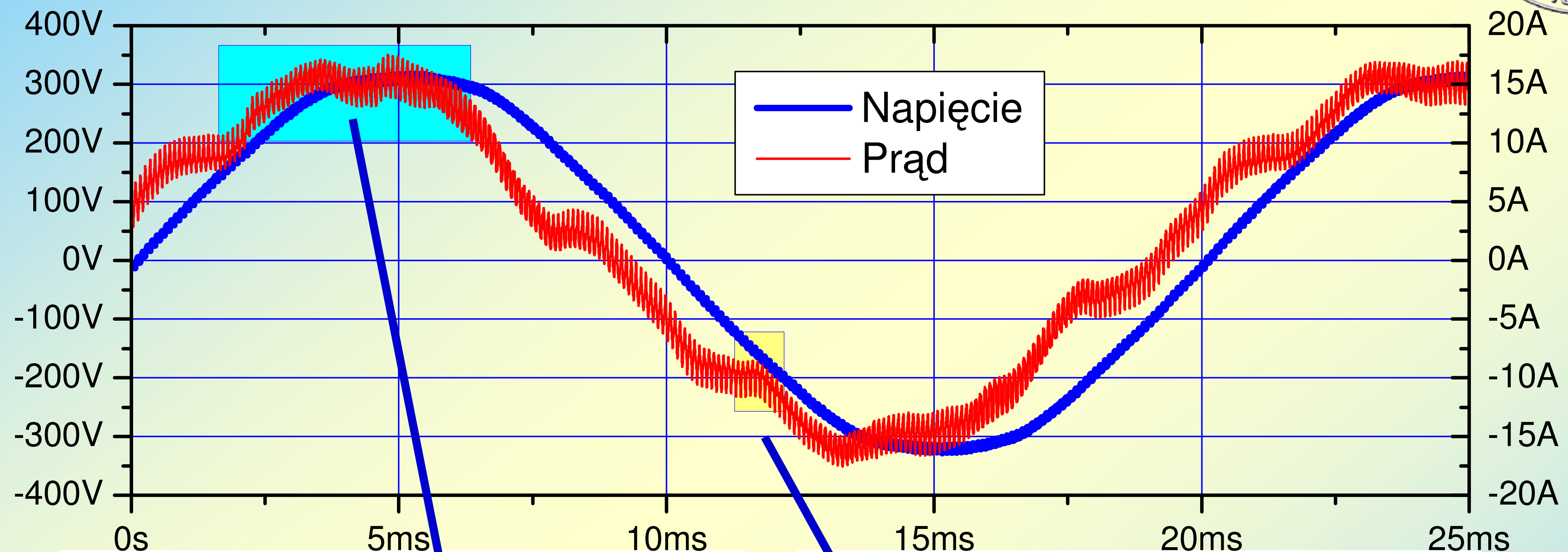


# Przekształtniki AC/DC – aktywne





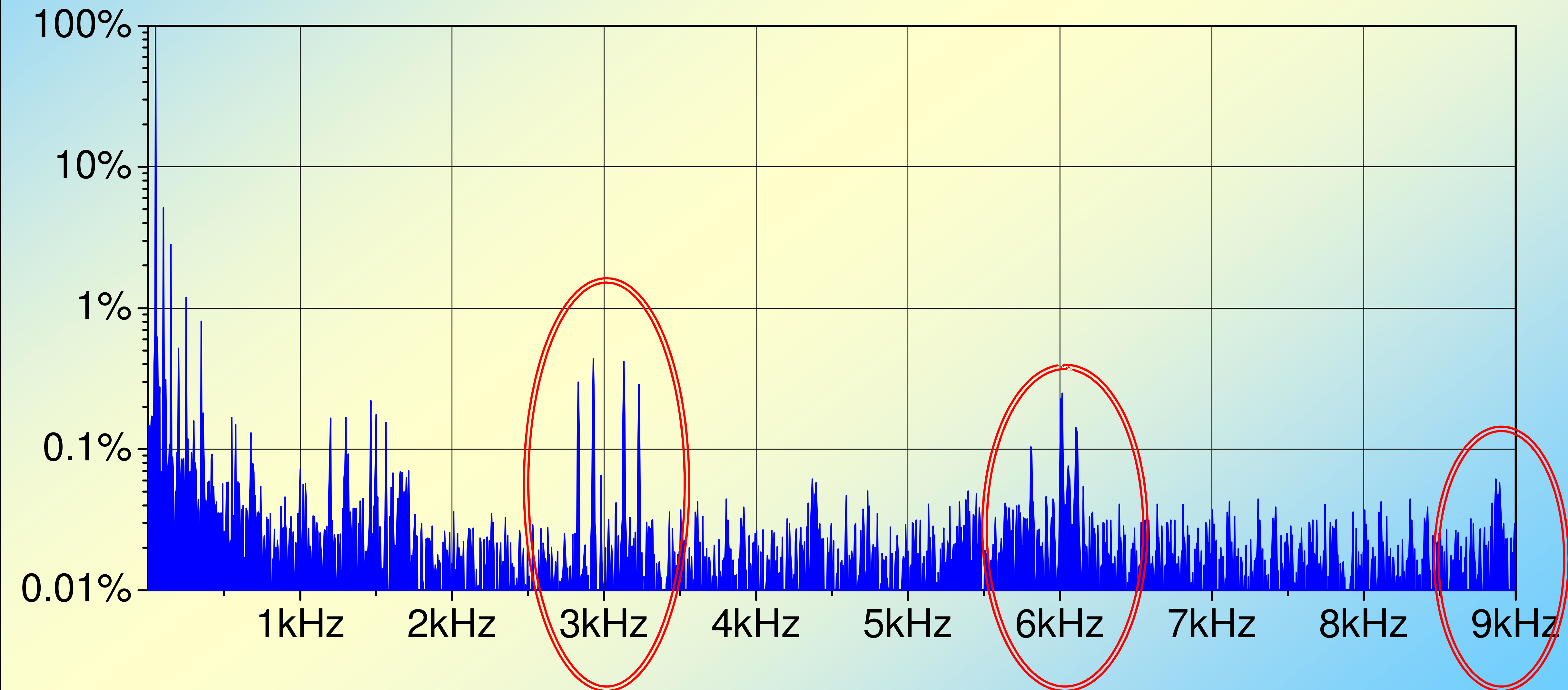
# Prostownniki aktywne prąd pobierany z sieci zasilającej



# Prostownniki aktywne widmo prądu



- DFT - widoczne efekty modulacji





# Charakterystyka widmowa określanie zniekształceń harmoniczných

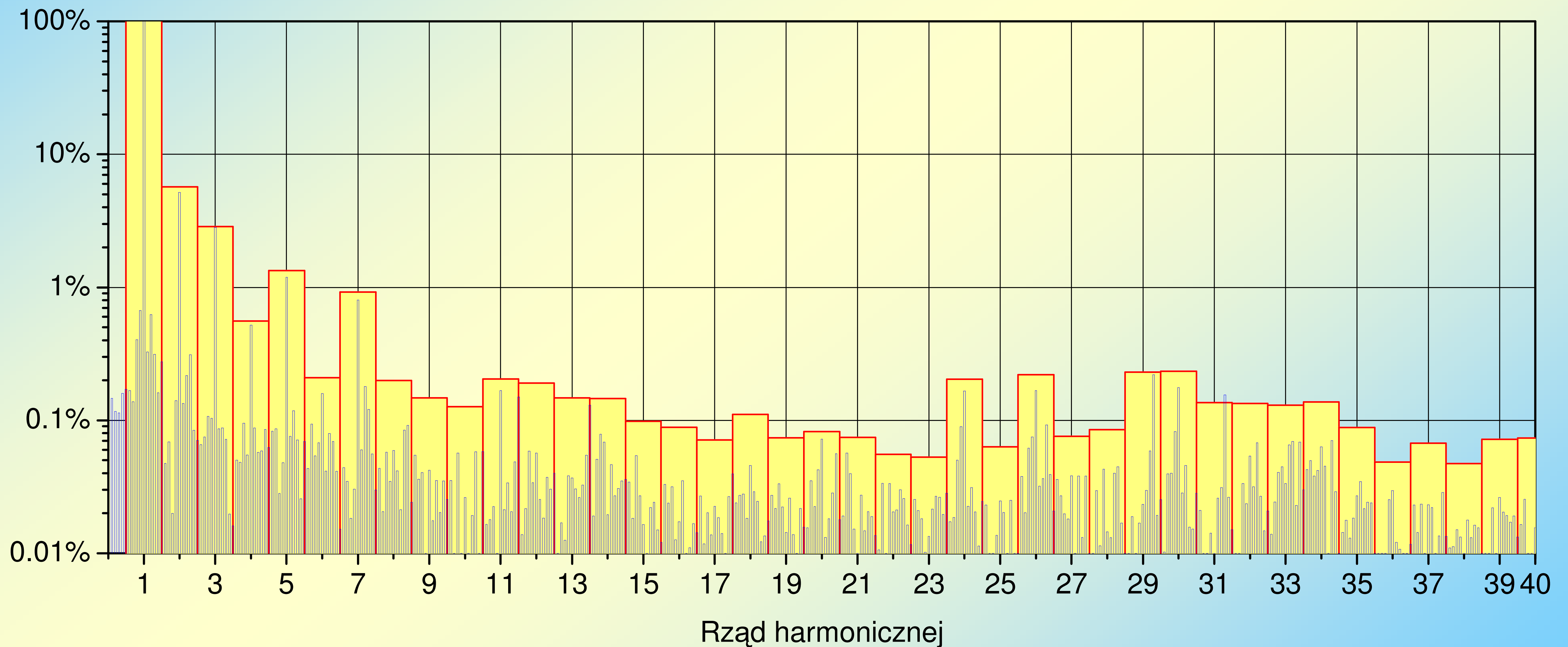


- Do 2 kHz
  - Próbowanie synchroniczne (widmo prążkowe)
  - Okno czasowe analizy 200 ms =>  **$C_f = 5 \text{ Hz}$**
  - Grupowanie
    - Harmoniczne => grupy i podgrupy
    - Interharmoniczne => grupy i podgrupy
- Od 2 kHz do 9 kHz
  - Synchronizacja nie wymagana (widmo ciągłe)
  - Okno czasowe 100 ms =>  **$C_f = 10 \text{ Hz}$**
  - Zalecany filtr pasmowy > 55 dB
  - Grupowanie w paśmie 200 Hz (*podobnie jak w zakresie CISPR A*)
  - 35 pasm w zakresie 2÷9 KHz  
częstotliwości środkowe 2,1/2,3/.../8,7/8,9 kHz

# Prostownniki aktywne widmo prądu



- $\text{THD}_{(H1 \div H40)} < 10\%$



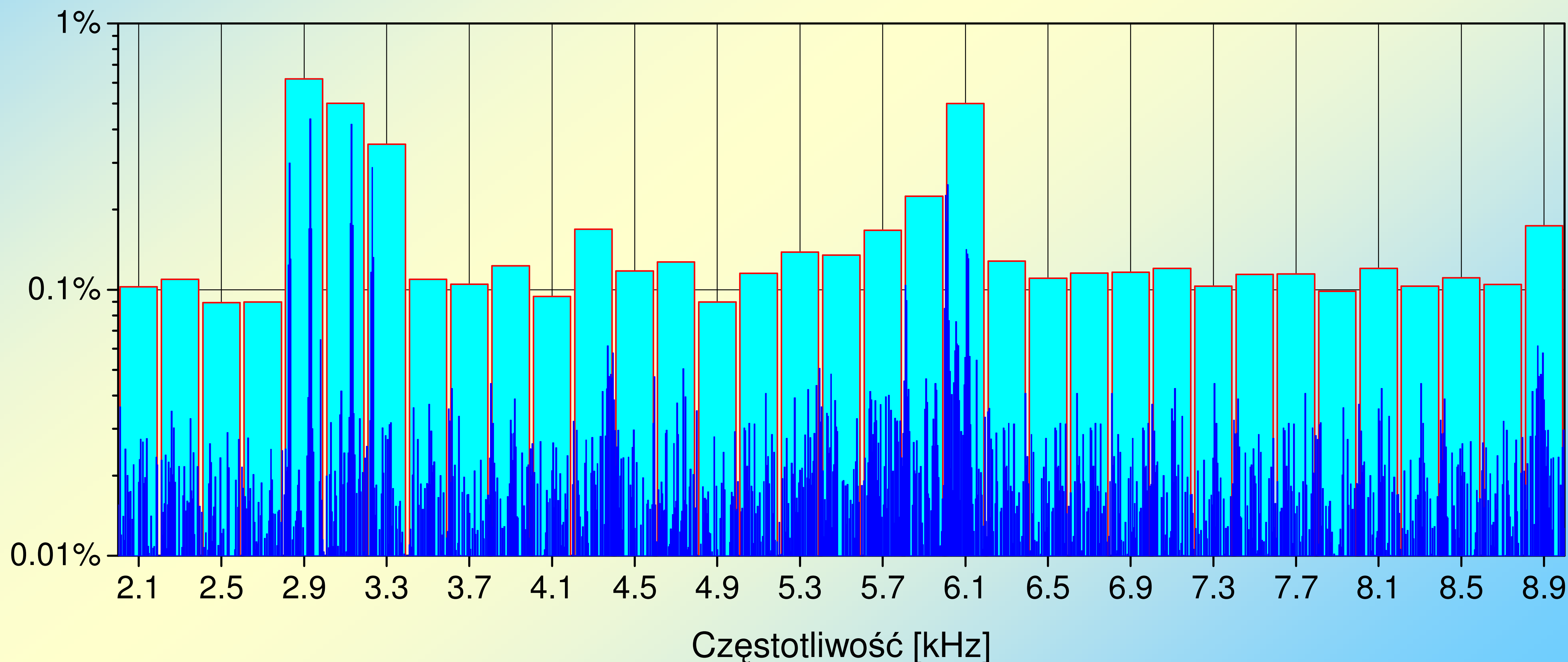
# Grupowanie w zakresie 2 ÷ 9 kHz



$$G_b = \sqrt{\sum_{i=b-90Hz}^{b+100Hz} C_f^2}$$

$$G_{2100} = \sqrt{\sum_{i=2010Hz}^{2200Hz} C_f^2}$$

$$G_{8900} = \sqrt{\sum_{i=8810Hz}^{9000Hz} C_f^2}$$





# Zaburzenia przewodzone 2 ÷ 9 kHz poziomy dopuszczalne, problemy



- Potrzeba ochrony sieci elektroenergetycznej
  - Odkształcenia krzywej napięcia na skutek harmonicznego prądu
  - Wzrost ilości i mocy urządzeń
  - Wpływ impedancji sieci  $Z(f)$
- Brak wymagań, ale zdarzają się zakłócenia
  - wartości dopuszczalne można szacować w oparciu o wartości ustalone dla niższych częstotliwości po uwzględnieniu odmiennych zasad grupowania ( ~ 0.5 %)
  - Problem sumowania zaburzeń od kolejnych urządzeń
- Np. dla siłowni wiatrowych
  - zalecane jest określanie składowych harmonicznego do 9 kHz
  - Przeprowadzane są analizy wpływu na sieć zasilającą z uwzględnieniem impedancji sieci

# Wnioski

---



- Zwiększona emisja zaburzeń przewodzonych w zakresie 2÷9 kHz stanowi zagrożenie dla kompatybilności urządzeń
  - duże moce (MW) oraz znaczne ilości mniejszych urządzeń
- Ustalenie poziomów dopuszczalnych wymaga badań
  - Emisyjności urządzeń
  - Właściwości sieci elektroenergetycznej (nn, SN)
  - Odporności urządzeń
- Należy spodziewać się rozszerzania wymagań do 9 kHz
  - np. energetyka wiatrowa

## Emisja zaburzeń przewodzonych średniej częstotliwości w nowoczesnych układach przekształtnikowych

Jarosław Łuszcz

Dziękuję za uwagę!