



# ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

Α. Αντωνόπουλος

Διάλεξη 6

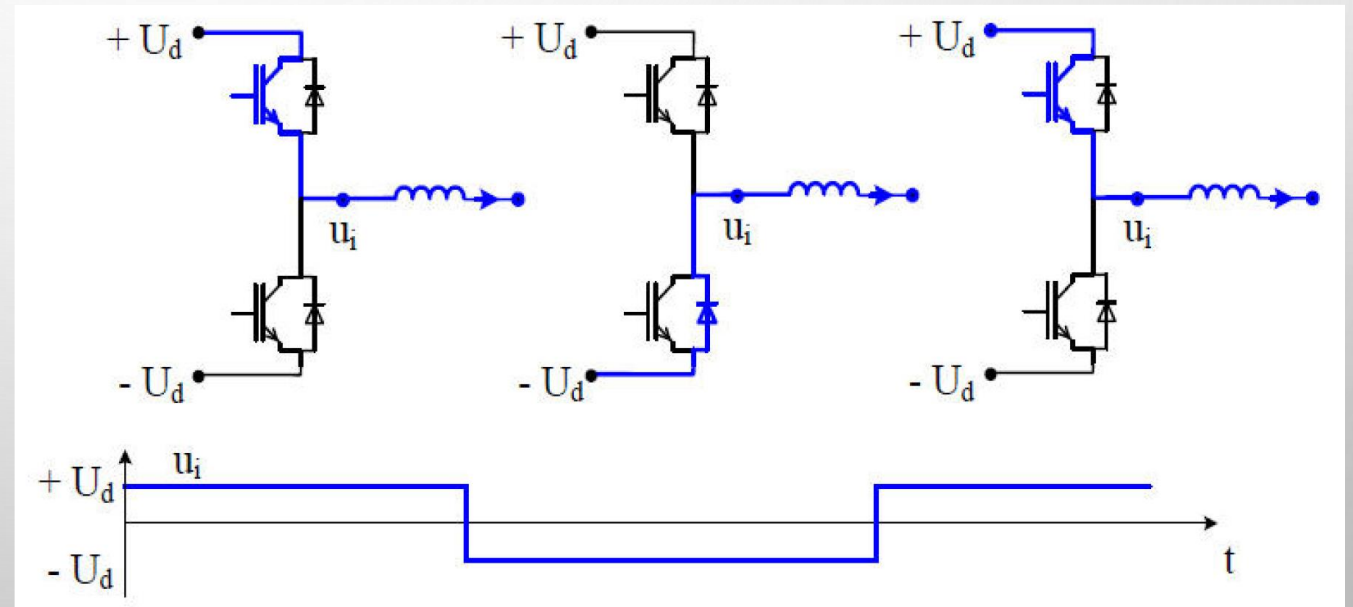
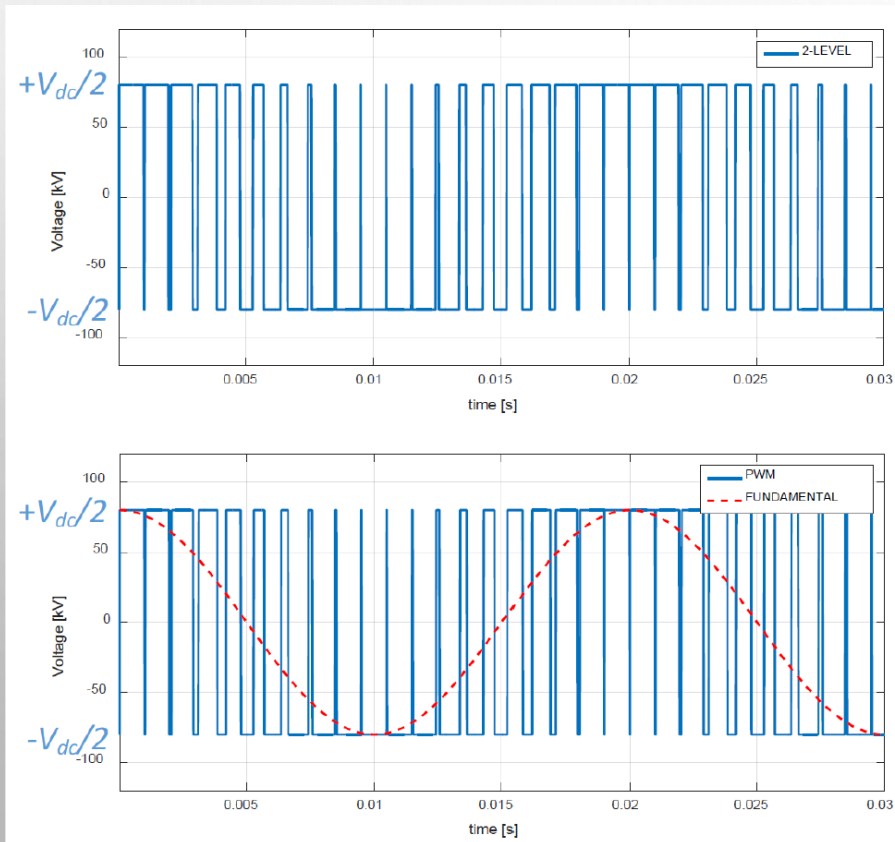
12/12/2022



# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Περιεχόμενο διάλεξης

- Τεχνικές διαμόρφωσης μονοφασικών και τριφασικών αντιστροφών ισχύος
- Αρμονικό περιεχόμενο





# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

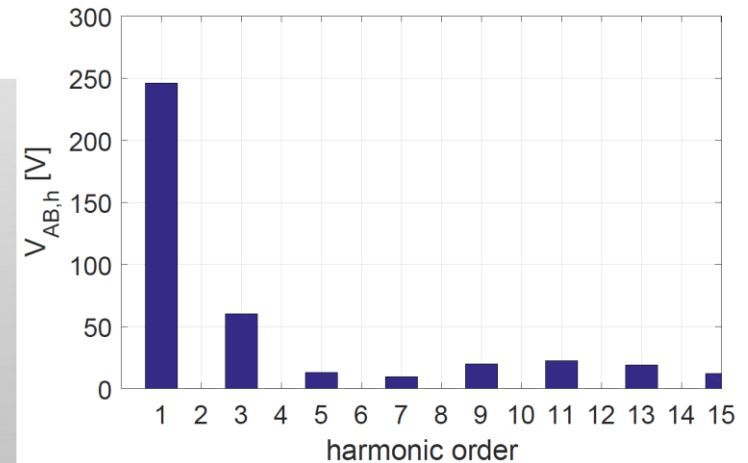
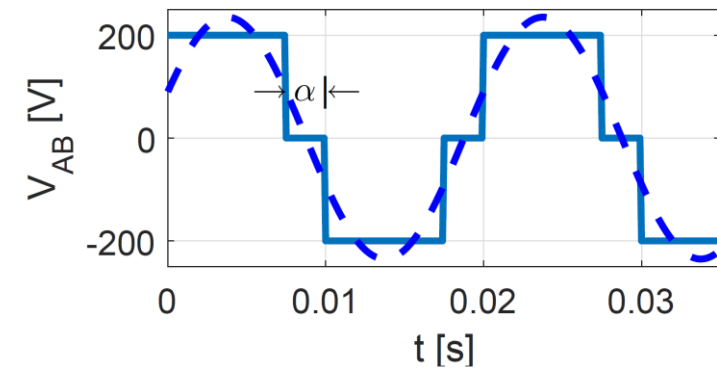
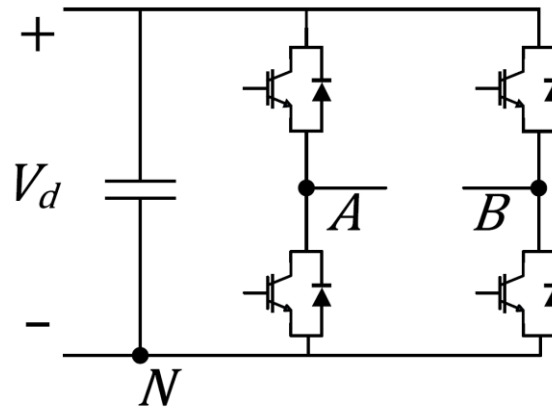
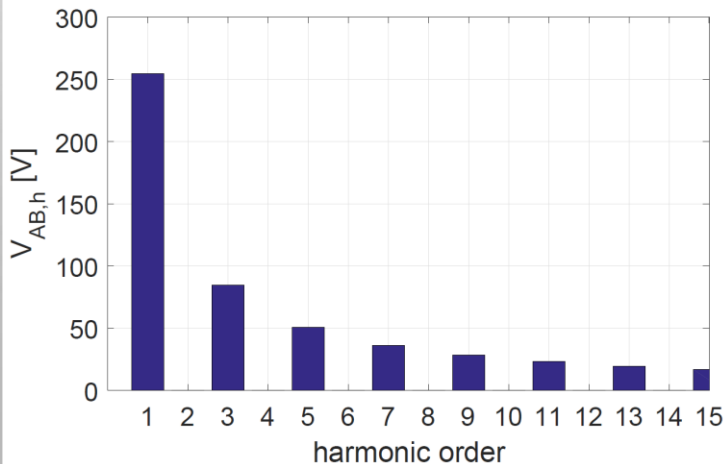
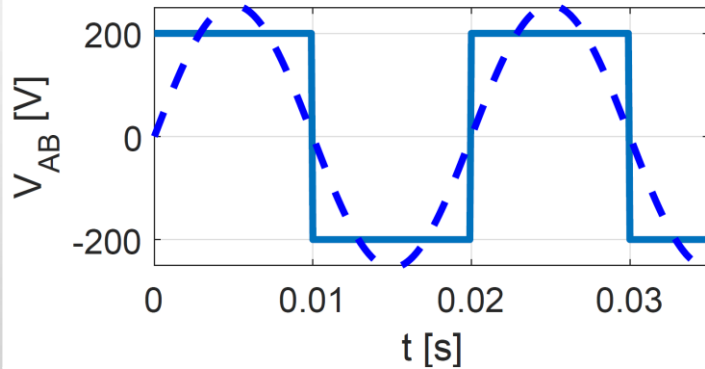
## Μονοφασικός αντιστροφέας πλήρους γέφυρας – Ανάλυση τάσης εξόδου

- Πλήρους τετραγωνικού παλμού

$$\hat{V}_{AB,h} = \frac{4V_d}{\pi h}$$

- Με επικάλυψη αγωγής – έλεγχος πλάτους

$$\hat{V}_{AB,h} = \frac{4V_d}{\pi h} \sin(h\beta), \quad \text{όπου } \beta = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}$$





# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Όρια αρμονικής παραμόρφωσης – Πρότυπο ΙΕΕΕ 519-2014

**Table 1—Voltage distortion limits**

Bus voltage $V$ at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5 <sup>a</sup>

$$\text{THD}_v \% = \frac{\sqrt{\sum_{n=2,3,4,\dots}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \cdot 100 = \frac{\sqrt{V_{\text{rms}}^2 - V_{1,\text{rms}}^2}}{V_{1,\text{rms}}} \cdot 100$$



# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

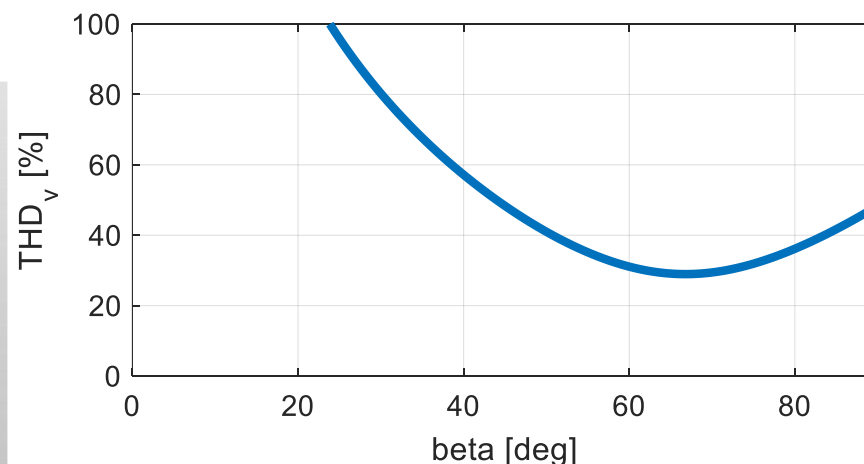
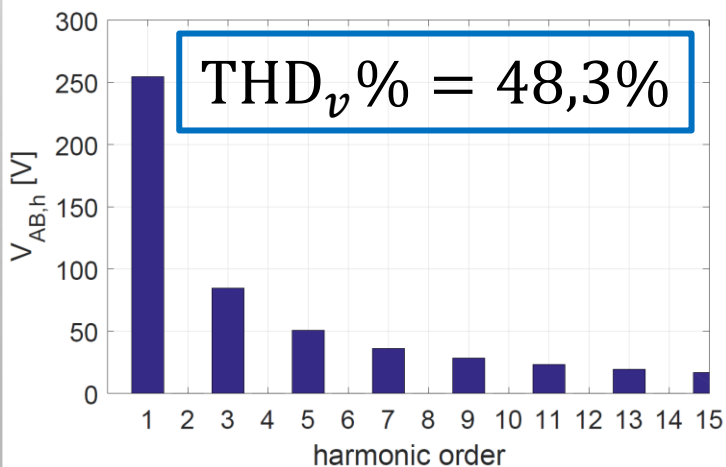
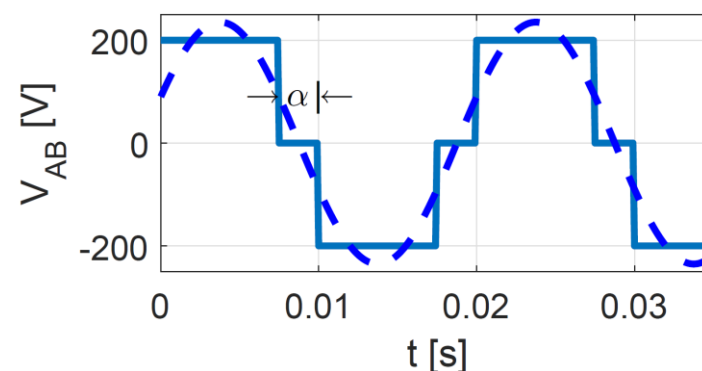
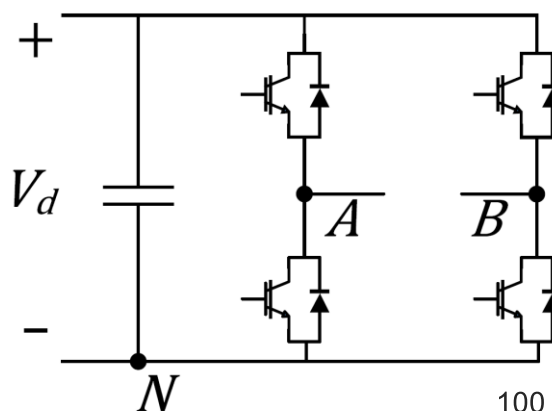
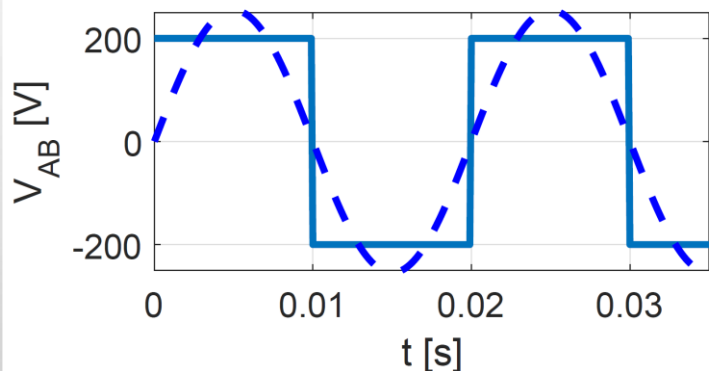
## Μονοφασικός αντιστροφέας πλήρους γέφυρας – Παραμόρφωση τάσης εξόδου

- Πλήρους τετραγωνικού παλμού

$$\hat{V}_{AB,h} = \frac{4V_d}{\pi h}$$

- Με επικάλυψη αγωγής – έλεγχος πλάτους

$$\hat{V}_{AB,h} = \frac{4V_d}{\pi h} \sin(h\beta), \quad \text{όπου } \beta = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}$$



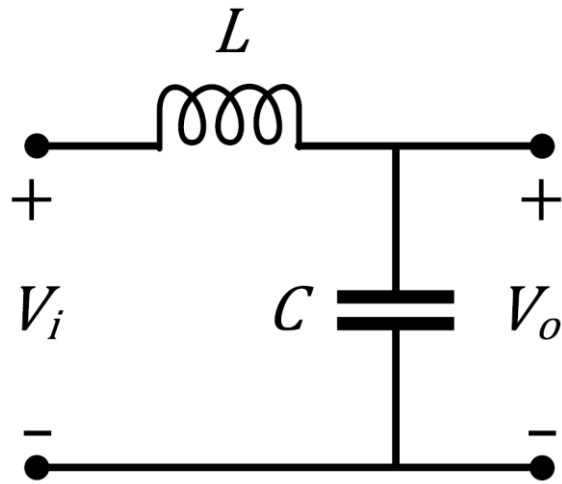




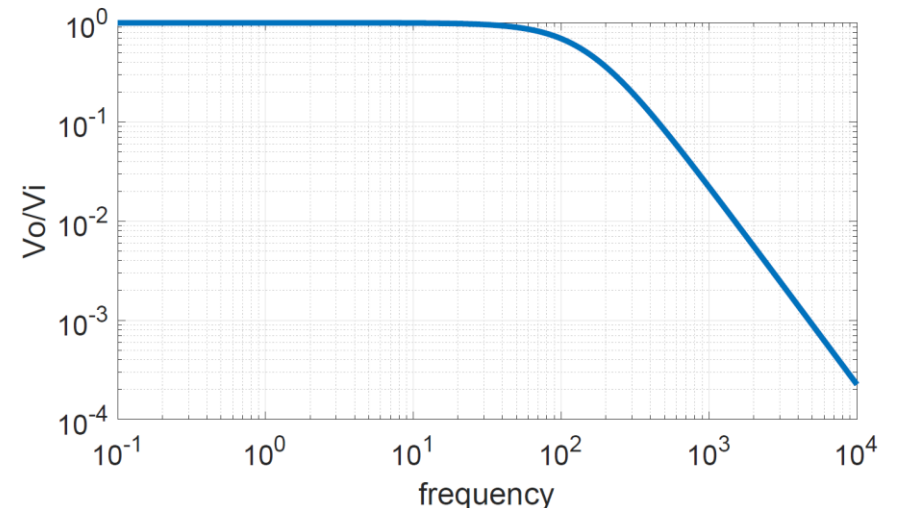
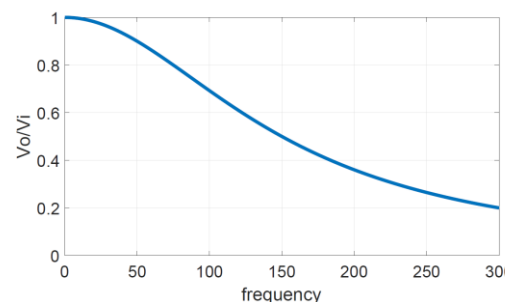
# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Χρήση παθητικών φίλτρων σε διατάξεις ισχύος

- Πρώτης τάξης (RC);
- Αποφυγή χρήσης R σε διατάξεις ισχύος  $\Rightarrow$  Απώλειες.
- Δεύτερης τάξης (LC)
  - Βαθυπερατό. Απόκριση συχνότητας;



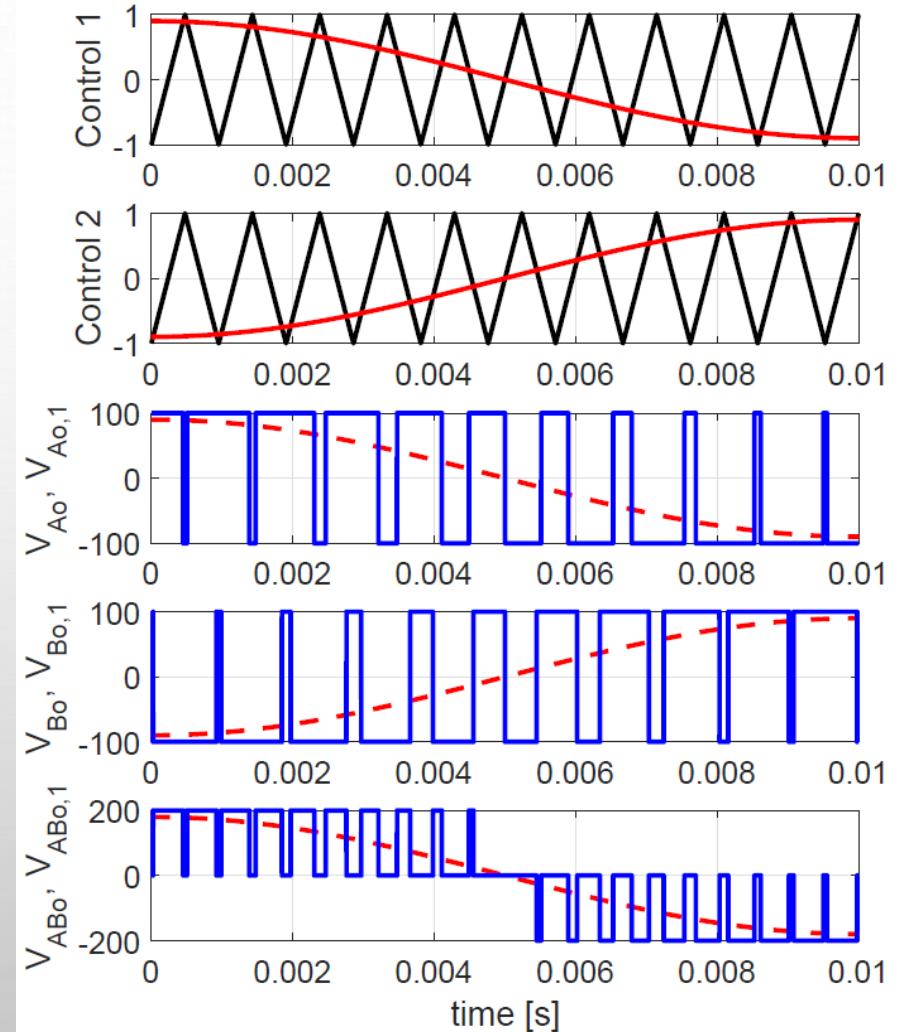
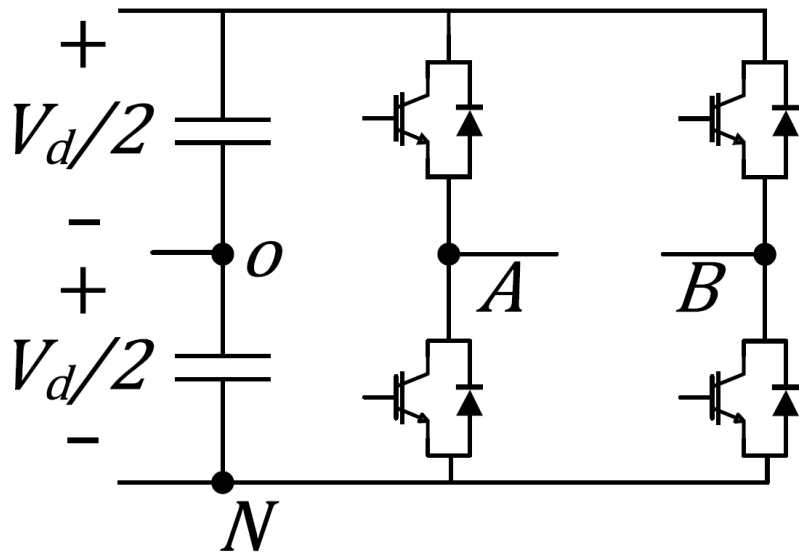
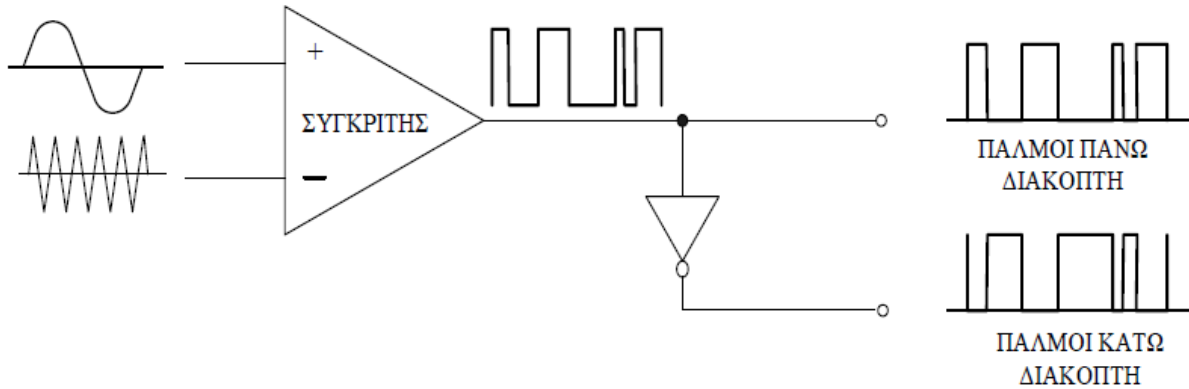
- Συχνότητα αποκοπής 150 Hz
- $L = 450 \mu\text{H}$
- $C = 2,5 \text{ mF}$





# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

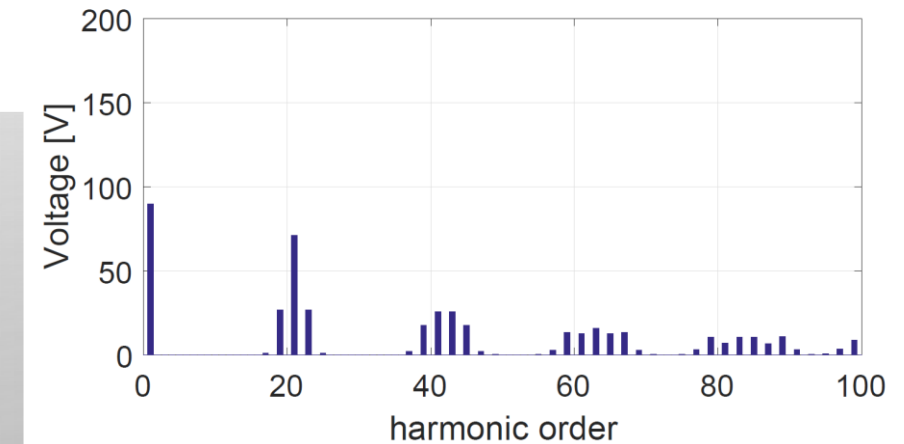
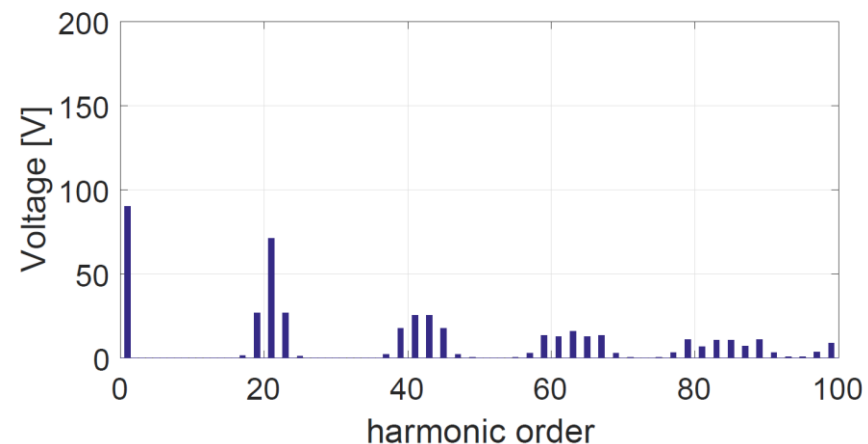
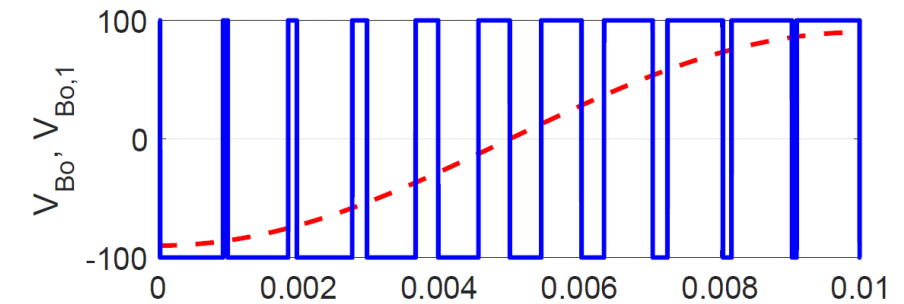
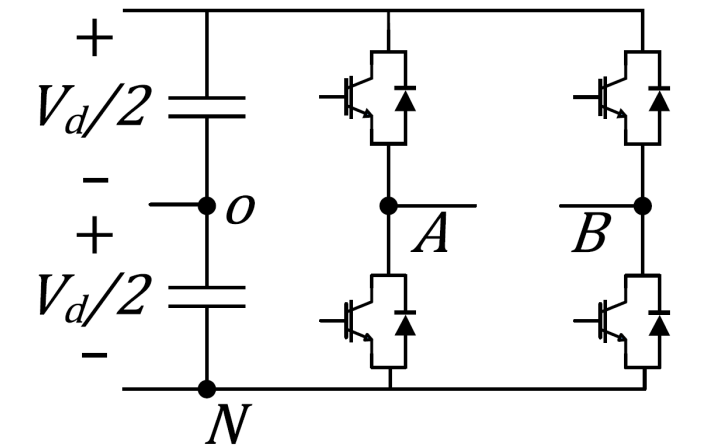
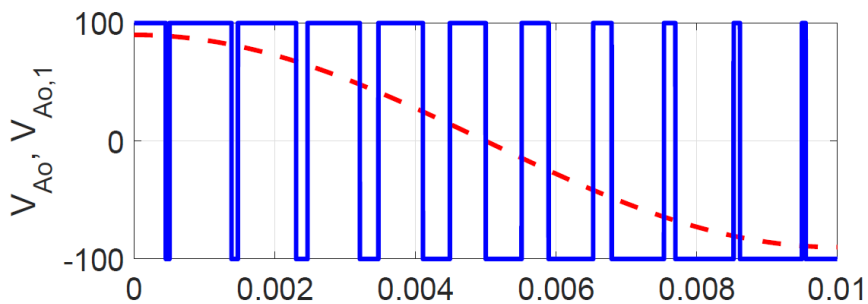
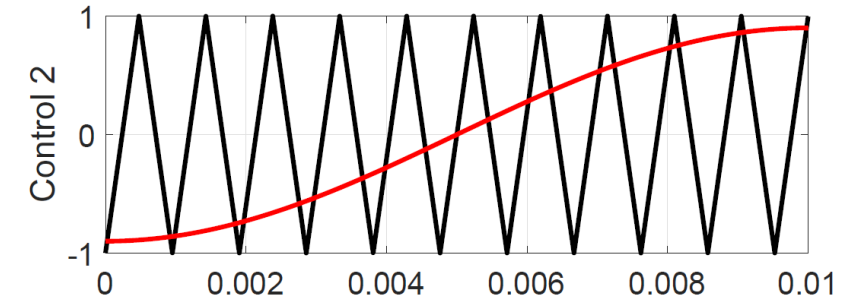
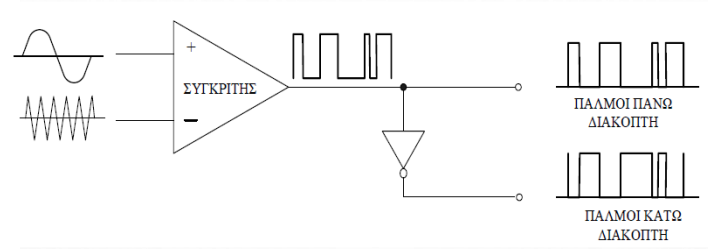
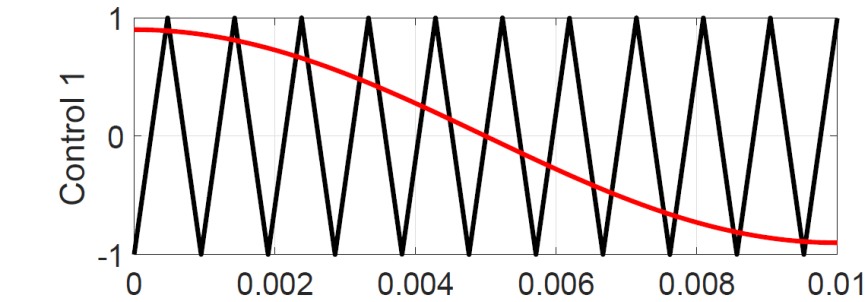
## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM





# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM



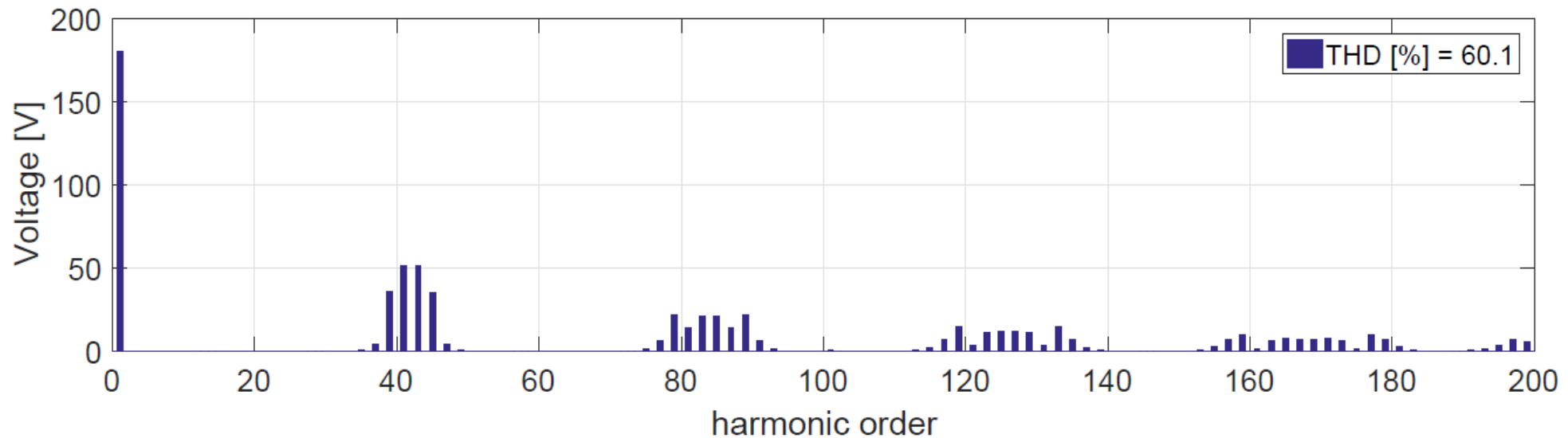
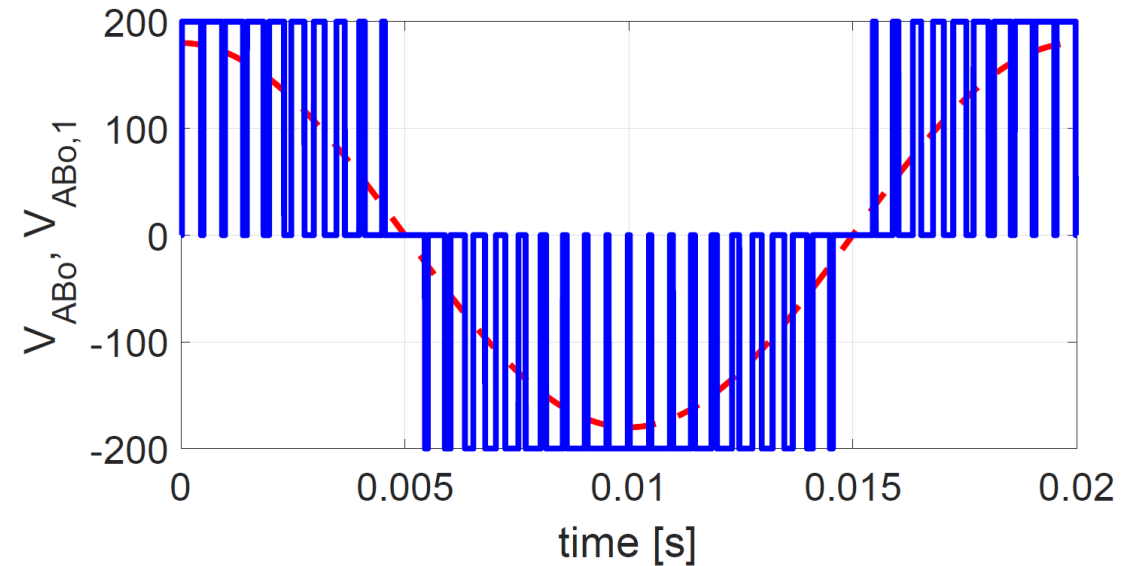
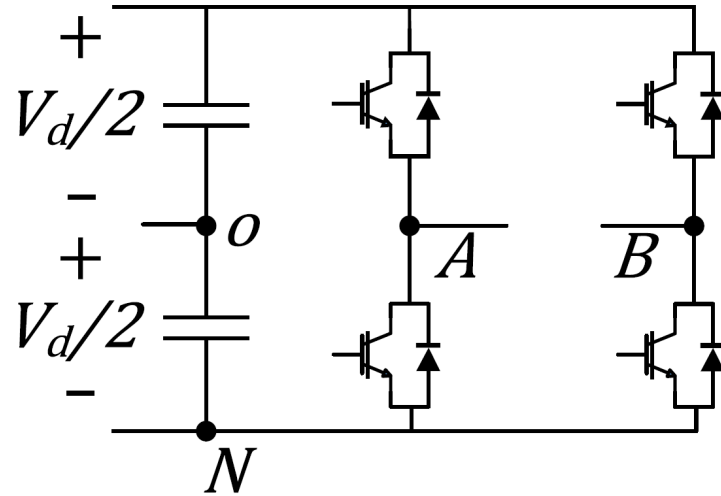




# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM

- $m_a = A_{ref}/A_{carr} = 0.9$
- $m_f = f_{carr}/f_{ref} = 21$

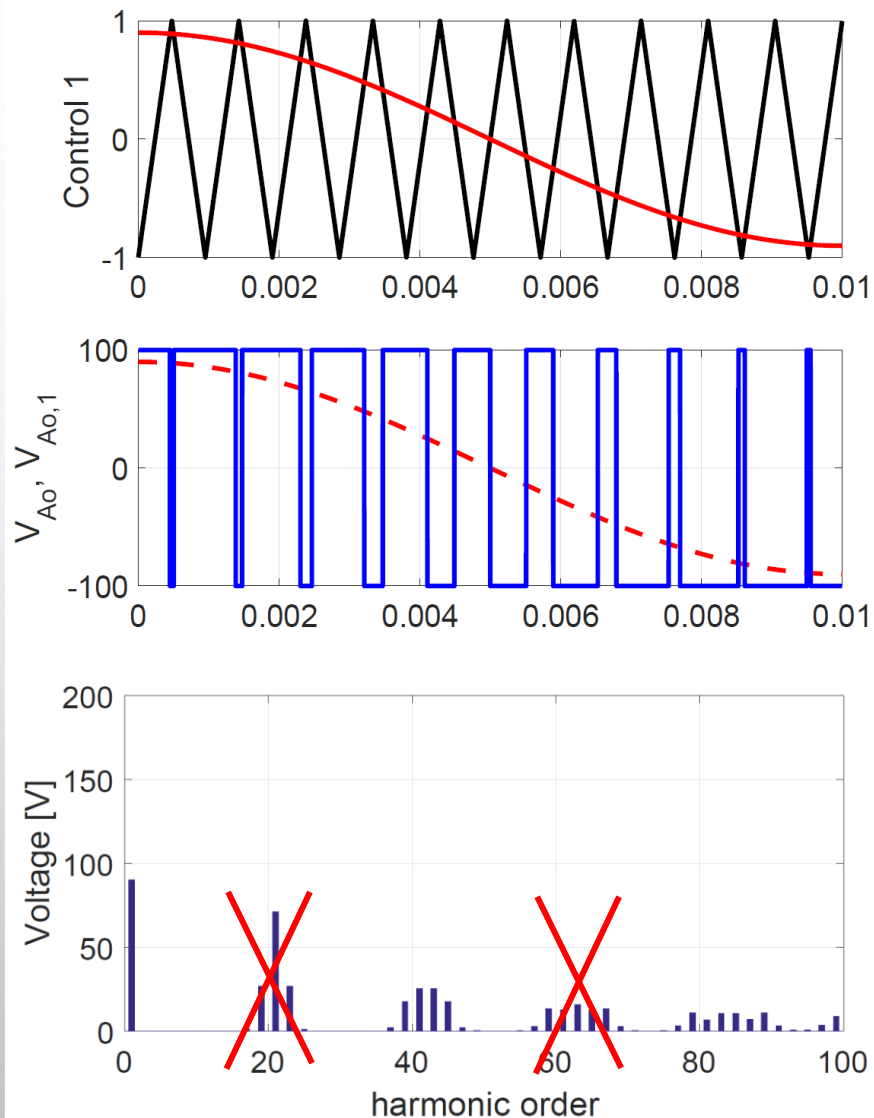




# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM

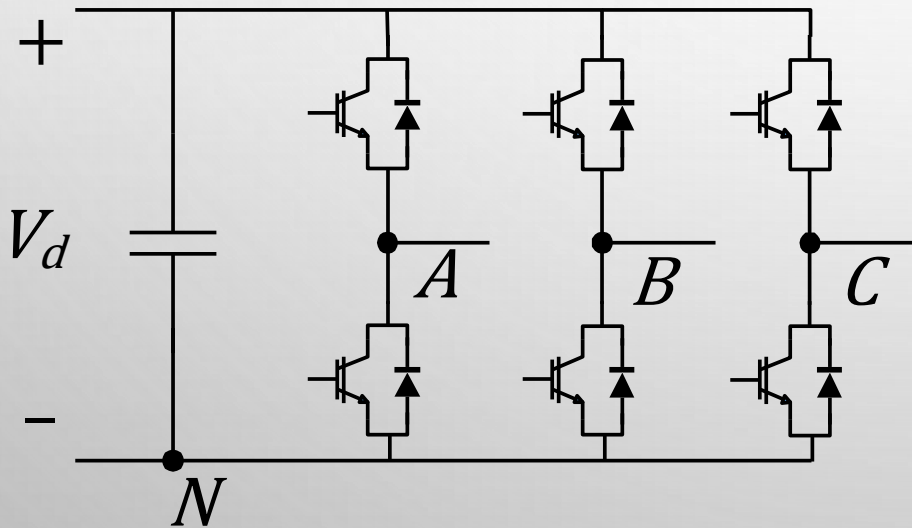
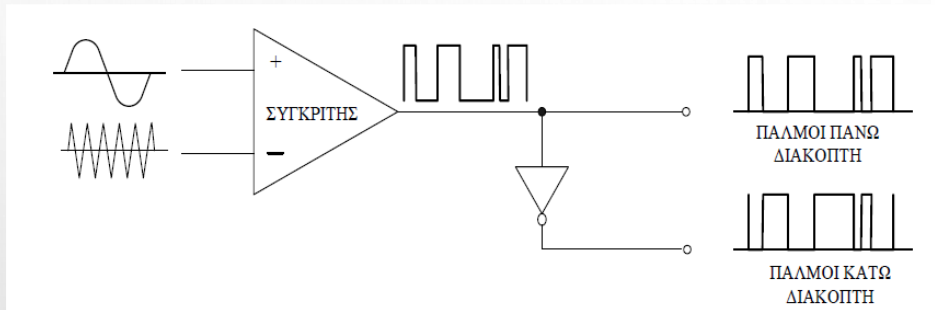
- Ξεκάθαρος διαχωρισμός μεταξύ θεμελιώδους και αρμονικών στο φάσμα εξόδου.
- Επιλογή διακοπτικής συχνότητας (ανά σκέλος):
  - $m_f$ : περιττό, ακέραιο  $\Rightarrow$  Περιττές αρμονικές.
  - Περιττά πολλαπλάσια  $f_{carr}$  και άρτιες πλευρικές σε αυτά.
  - Γύρω από τα άρτια πολλαπλάσια της  $f_{carr}$ , μόνο οι περιττές πλευρικές σε αυτά.
- Μονοφασικός αντιστροφέας πλήρους γέφυρας  $\Rightarrow$ 
  - Εμφάνιση αρμονικών γύρω από τη συχνότητα  $2m_f$ .
  - Πλάτος τάσης εξόδου:  $\hat{V}_{AB,1} = m_a V_d$



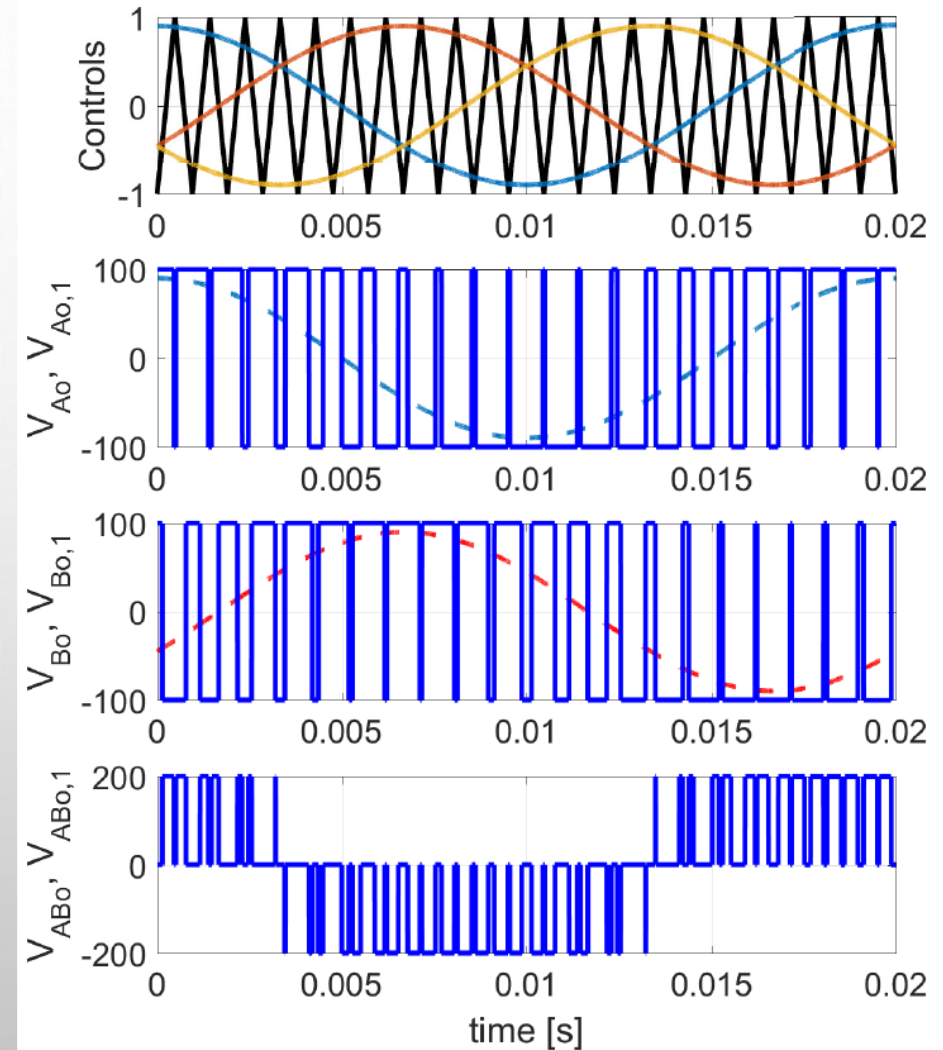


# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM – Τριφασικός αντιστροφέας



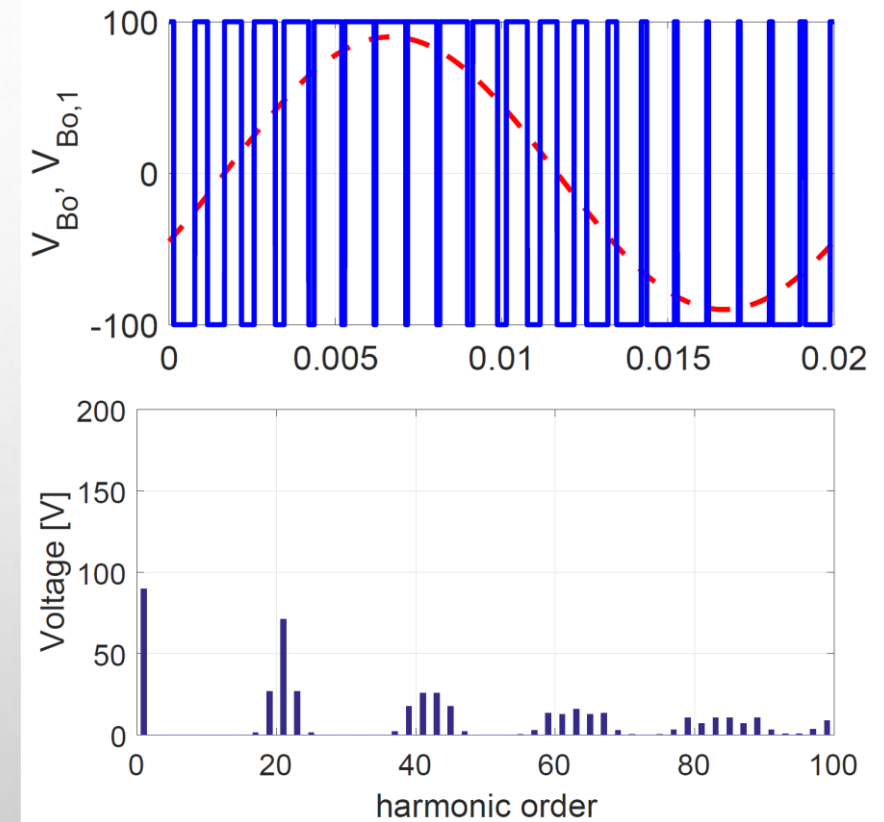
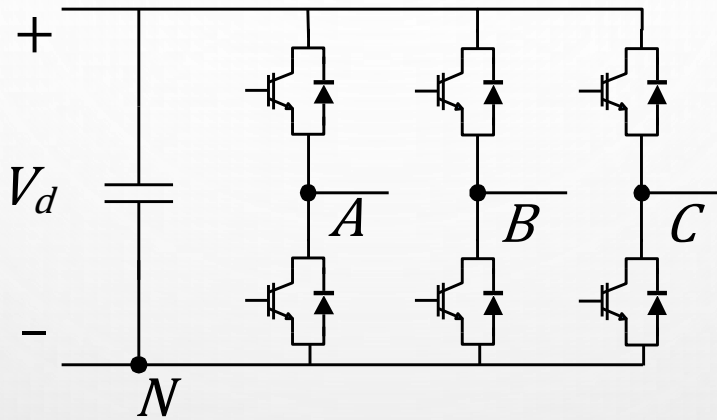
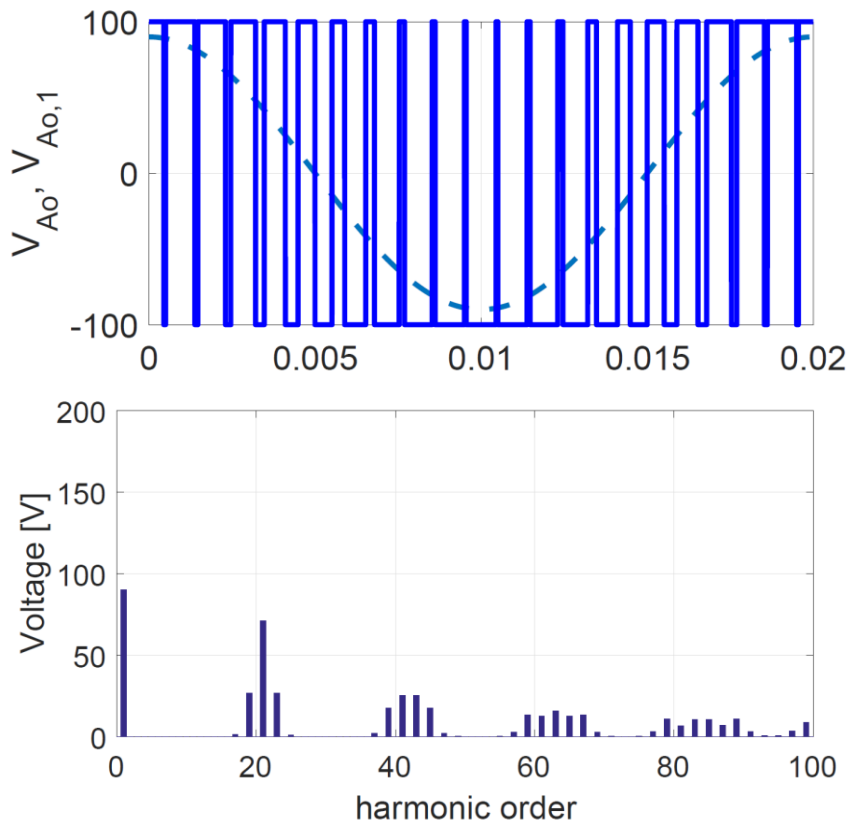
- Πλάτος (πολικής) τάσης εξόδου:  $\hat{V}_{AB,1} = m_a \sqrt{3} \frac{V_d}{2}$





# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

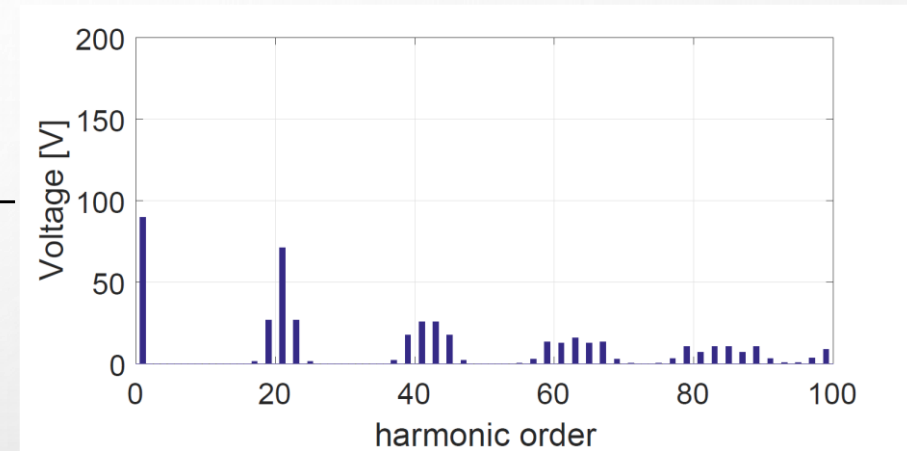
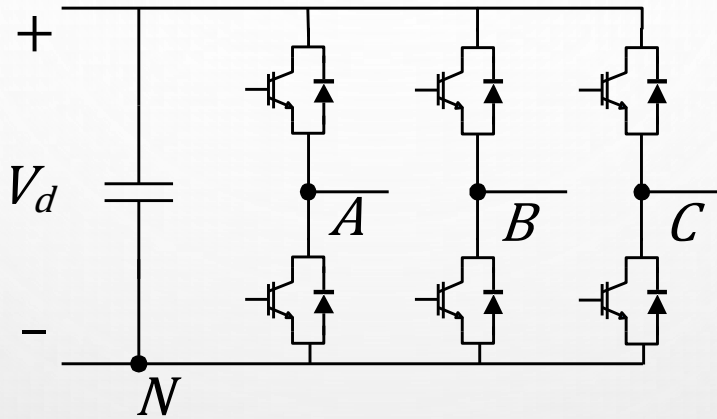
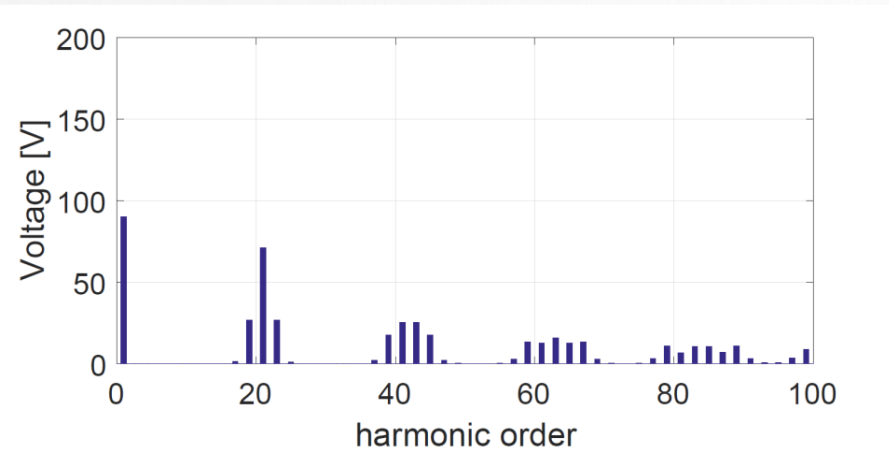
## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM – Τριφασικός αντιστροφέας





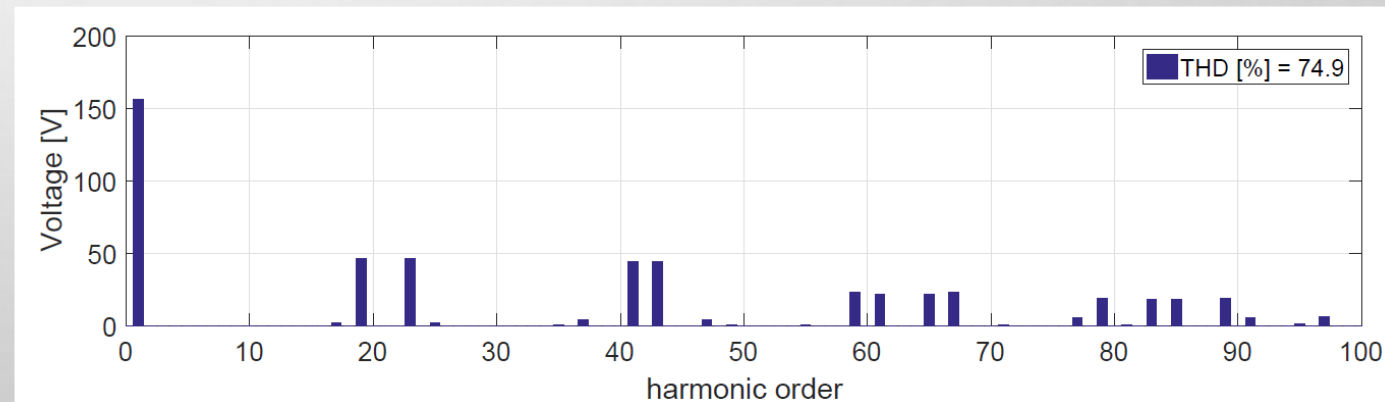
# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Τεχνική (ημιτονοειδούς) διαμόρφωσης εύρους παλμών (S)PWM – Τριφασικός αντιστροφέας



### Εξάλειψη:

- Άρτιας τάξης
- Φέροντος και πολλαπλάσιων αυτού:  $n \times m_f$
- $n \times m_f \pm 3, 6, \dots$  (τρίτες γύρω από κάθε πολλαπλάσιο του φέροντος)



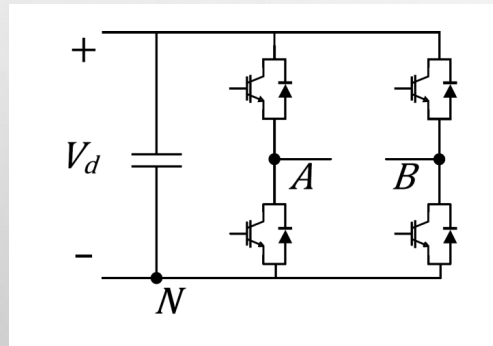
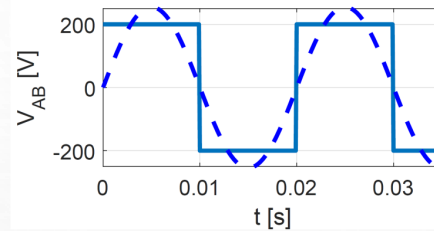
Εμφάνιση αρμονικών γύρω από τη συχνότητα φέροντος



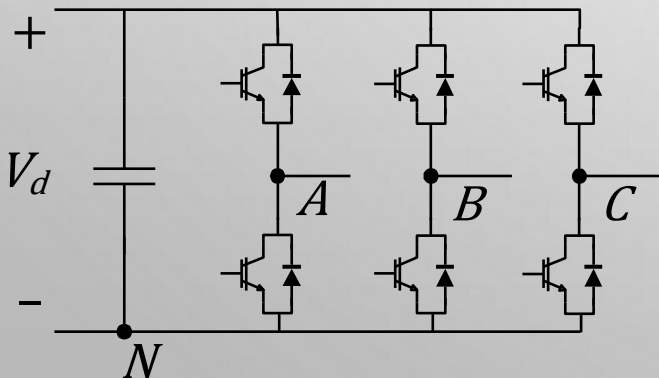
# Βιομηχανική Ηλεκτρονική

## Αντιστροφείς ισχύος: Τάση εξόδου

- Τετραγωνικού παλμού

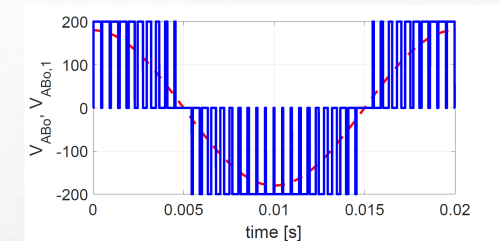


$$V_{AB,1}^{RMS} = \frac{4V_d}{\pi\sqrt{2}}$$



$$V_{AB,1}^{RMS} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \frac{4}{\pi} \frac{V_d}{2}$$

- Ημιτονοειδής διαμόρφωση  
εύρους παλμών



$$V_{AB,1}^{RMS} = m_a \frac{V_d}{\sqrt{2}}$$

$$V_{AB,1}^{RMS} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} m_a \frac{V_d}{2}$$