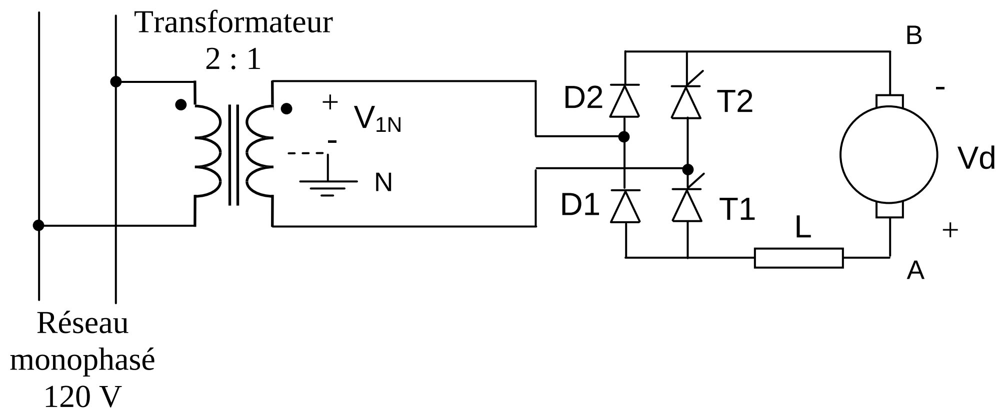
Électronique de Puissance — Mardi 23 octobre 2012

EXAMEN 1

Document autorisé : 1 feuille recto-verso écrite à la main — *Durée : 1h50*

Exercice 1 : Analyse et tracé de formes d'onde

On peut redessiner le circuit de la manière suivante pour retrouver le dessin d'un redresseur monophasé en pont mixte asymétrique. Les différences par rapport à l'étude du cours, concernent les indices des composants et des tensions.



Machine DC à aimants permanents
Rinduit = 0.3 Ω
Fem E (en V)

1) Tableau de séquences pour l'analyse du fonctionnement lorsque l'angle de retard à l'amorçage est ajusté à 60 degrés.

	Seq1	Seq 2	Seq 3	Seq 4
Angle de début	0	60	180	240
Angle de fin de séquence	60	180	240	360
V_{AN}	V1	-V1	V1	V1
V_{BN}	V1	V1	V1	-V1
Vd = VAN-VBN	0	-2V1	0	-2V1
V_{T1}= VAN+V1N	2V1	0	2V1	2V1
V_{T2}= V1N+VBN	2V1	2V1	2V1	0
V_{D1} = VAN-V1N	0	-2V1	0	0
V_{D2} = V1N-VBN	0	0	0	2V1

2) Voir feuille jointe
3) Voir feuille jointe
4) Expression générale de la tension moyenne aux bornes de la charge :

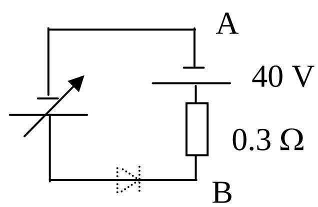
$$V_{ABmoy} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{\theta}^{\pi} -V_M \cdot \sin\alpha \cdot d\alpha = -\frac{V_M}{\pi} \cdot [1 + \cos\theta]$$

$$V_M = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 120V$$

Le réseau fournit la puissance active à la machine (elle fonctionne en moteur, uniquement). Comme il s'agit d'un pont mixte, ce montage n'est pas réversible en tension.

Exercice 2 : Dimensionnement pour un point de fonctionnement

1) Schéma équivalent continu du montage.



Le pont mixte permet uniquement un fonctionnement en moteur (la puissance est fournie par le réseau)

$$V_{BA} = E + R.I = 40 + 0.3 \cdot I \qquad et \qquad V_{BA} \cdot I = P = 500W$$

En combinant les deux expressions, on obtient l'équation du second degré suivante:

$$V_{BA} \cdot I = 500 = 40 \cdot I + 0.3 \cdot I^2 \quad \Leftrightarrow \quad -0.3 \cdot I^2 - 40 \cdot I + 500 = 0$$

Les racines sont : I1 = 11.51 A et I2 = -144.8 A

La racine 2 n'est pas valable puisque le courant ne peut pas s'inverser

2) La tension correspondant est :

$$V_{BA} = E + R.I = 40 + 0.3 \cdot I \qquad avec \qquad I = 11.5\,A$$

On trouve V_{BA} = 43.45 V

On obtient l'angle d'amorçage avec l'expression suivante :

$$V_{BAmoy} = \frac{120 \cdot \sqrt{2}}{2\pi} \cdot \left[1 + \cos\theta\right] = 43.45\,V$$

$$\Rightarrow \quad \cos\theta = 0.609 \quad \Rightarrow \quad \theta = 52.5^{o}$$

3) Valeur efficace du courant sur le réseau

$$I_{RMS} = \frac{1}{a} \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \int_{\theta = \pi/3}^{\pi} I_{DC}{}^{2} \cdot d\alpha} = \frac{I_{DC}}{2} \cdot \sqrt{\frac{\left[\pi - \pi/3\right]}{\pi}} = \frac{I_{DC}}{2} \cdot \sqrt{2/3} = 4.7\,A$$

Le facteur de puissance FP :

$$FP = \frac{P}{V_{RMS} \cdot I_{RMS}} = \frac{500}{120 \times 4.7} = \frac{500}{564} = 0.886$$

La puissance apparente : $S = \frac{P}{FP} = \frac{500}{0.886} = 564\,VA$

4) Calculer les valeurs des courants moyens et des courants efficaces dans les diodes et dans les thyristors pour ce point de fonctionnement.

Dans les diodes :

$$I_{Dmoy} = \frac{I_{DC}}{2\pi} \cdot \left[\int_{0}^{2\pi/3} d\alpha\right] = \frac{I_{DC}}{3} \qquad I_{Drms} = I_{DC} \cdot \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \left[\int_{0}^{2\pi/3} d\alpha\right]} = \frac{I_{DC}}{\sqrt{3}}$$

Dans les thyristors

$$I_{Tmoy} = \frac{I_{DC}}{2\pi} \cdot \left[\int_{0}^{\pi/3} d\alpha\right] = \frac{I_{DC}}{6} \qquad I_{Drms} = I_{DC} \cdot \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \left[\int_{0}^{\pi/3} d\alpha\right]} = \frac{I_{DC}}{\sqrt{6}}$$

Exercice 3 : Tracés de formes d'onde

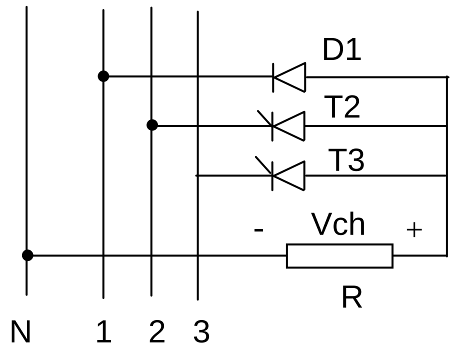


Figure 2

1) Voir feuilles joints (charge résistive et source de courant en conduction continue)
2) Voir feuilles joints (charge résistive et source de courant en conduction continue)
3) Calcul de la valeur de la tension moyenne aux bornes de la charge (Vchmoy).

Pour une résistance (conduction discontinue) :

$$V_{chmoy} = \frac{V_M}{2\pi} \cdot \left[\int_{210^o}^{360^o} \sin\alpha \cdot d\alpha + \int_{285^o}^{360^o} \sin\alpha \cdot d\alpha + \int_{285^o}^{330^o} \sin\alpha \cdot d\alpha \right]$$

$$V_{chmoy} = \frac{V_M}{2\pi} \cdot \left[\left(-\cos\alpha\right)_{210^o}^{360^o} + \left(-\cos\alpha\right)_{285^o}^{360^o} + \left(-\cos\alpha\right)_{285^o}^{330^o} \right]$$

$$V_{chmoy} = \frac{\sqrt{2} \cdot 208}{2\pi \cdot \sqrt{3}} \cdot \left[-2 \cdot \cos\left(360^o\right) - \cos\left(330^o\right) + \cos\left(210^o\right) + 2 \cdot \cos\left(285^o\right) \right]$$

$$V_{chmoy} = 27.03 \cdot \left[-3.21\right] = -86.9\,V$$

Pour une source de courant (conduction continue) :

$$V_{chmoy} = \frac{V_M}{2\pi} \cdot \left[\int_{210^o}^{405^o} \sin\alpha \cdot d\alpha + \int_{285^o}^{405^o} \sin\alpha \cdot d\alpha + \int_{285^o}^{330^o} \sin\alpha \cdot d\alpha \right]$$

$$V_{chmoy} = \frac{V_M}{2\pi} \cdot \left[\left(-\cos\alpha\right)_{210^o}^{405^o} + \left(-\cos\alpha\right)_{285^o}^{405^o} + \left(-\cos\alpha\right)_{285^o}^{330^o} \right]$$

$$V_{chmoy} = \frac{\sqrt{2} \cdot 208}{2\pi \cdot \sqrt{3}} \cdot \left[-2 \cdot \cos\left(405^o\right) - \cos\left(330^o\right) + \cos\left(210^o\right) + 2 \cdot \cos\left(285^o\right) \right]$$

$$V_{chmoy} = 27.03 \cdot \left[-2.63\right] = -71\,V$$

Quelle serait la valeur de cette tension moyenne si on avait utilisé un thyristor à la place de la diode D1?

En conduction discontinue

$$V_{chmoy} = \frac{3 \cdot V_M}{2\pi} \cdot \int_{285^o}^{360^o} \sin\alpha \cdot d\alpha = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot 208}{2\pi \cdot \sqrt{3}} \cdot [-\cos\alpha]_{210^o}^{360^o}$$

$$V_{chmoy} = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot 208}{2\pi \cdot \sqrt{3}} \cdot \left[\cos\left(285^o\right) - \cos\left(360^o\right)\right]$$

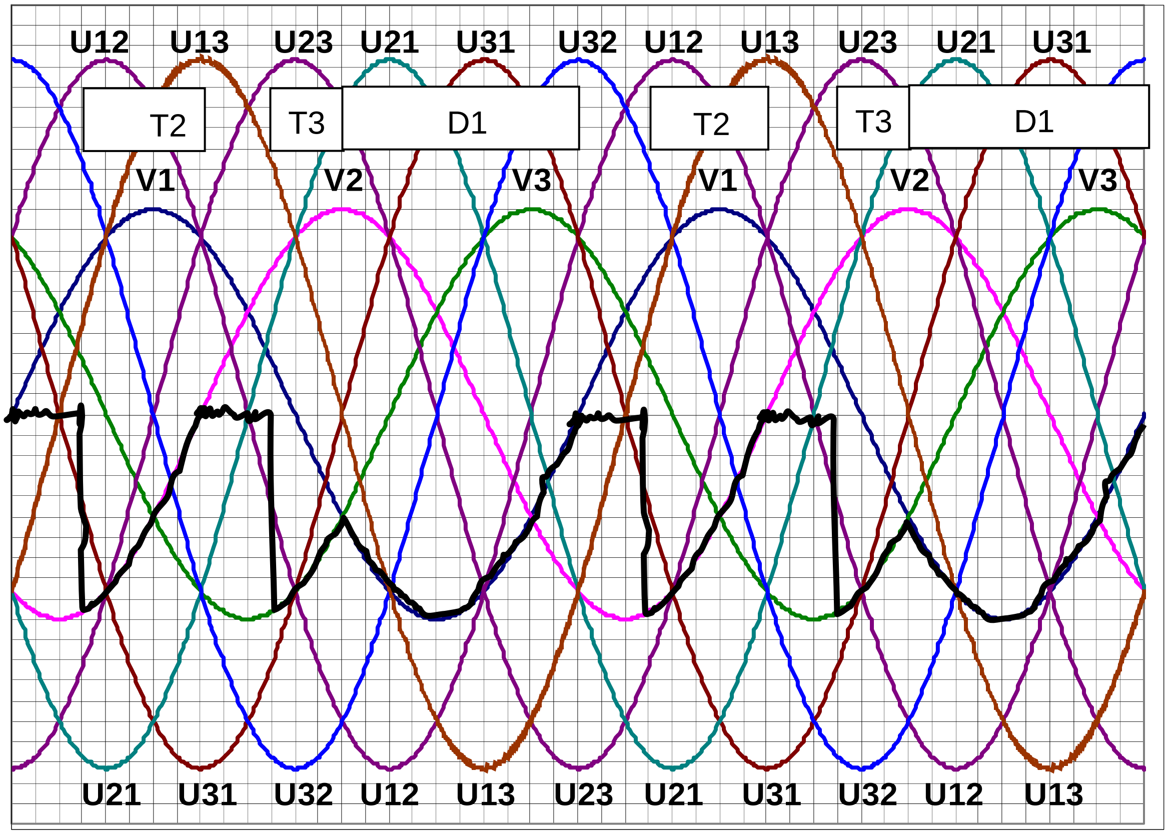
$$V_{chmoy} = 81.09 \cdot [-0.74] = -60.1\,V$$

En conduction continue

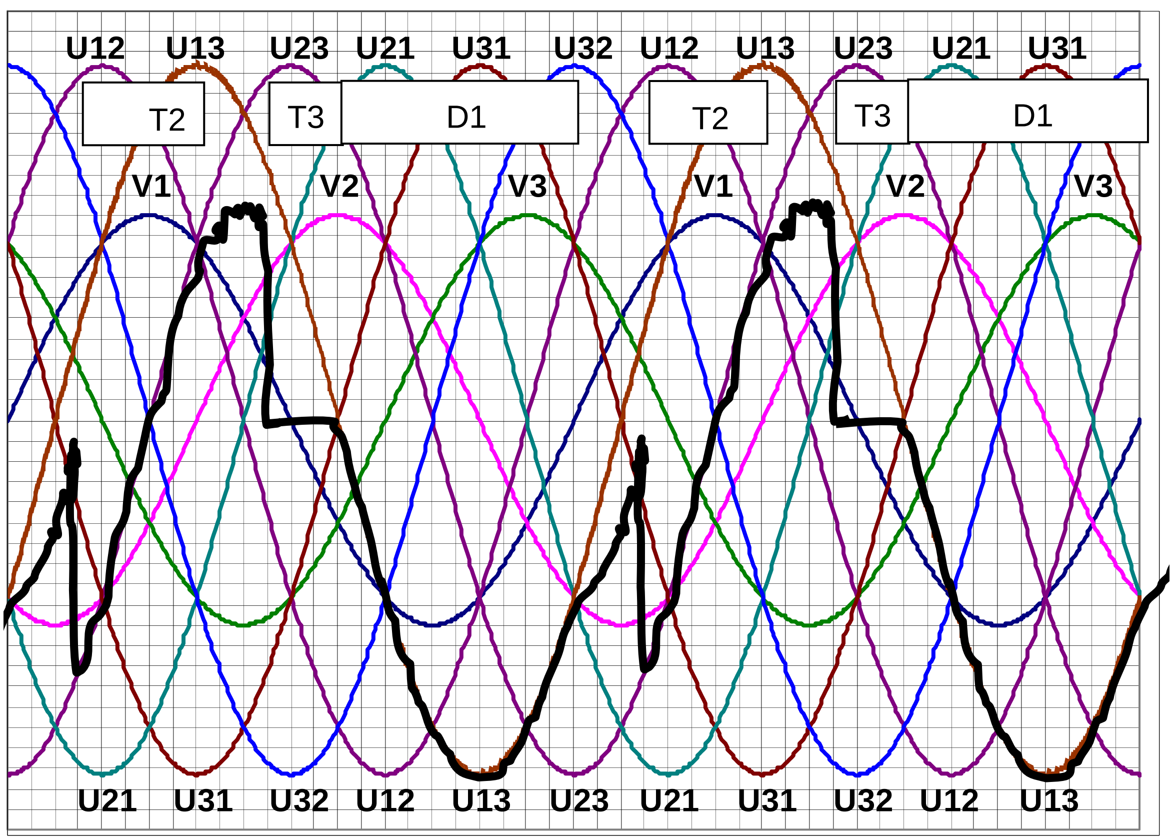
$$V_{chmoy} = \frac{3 \cdot V_M}{2\pi} \cdot \int_{285^o}^{405^o} \sin\alpha \cdot d\alpha = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot 208}{2\pi \cdot \sqrt{3}} \cdot [-\cos\alpha]_{210^o}^{405^o}$$

$$V_{chmoy} = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot 208}{2\pi \cdot \sqrt{3}} \cdot \left[\cos\left(285^o\right) - \cos\left(405^o\right)\right]$$

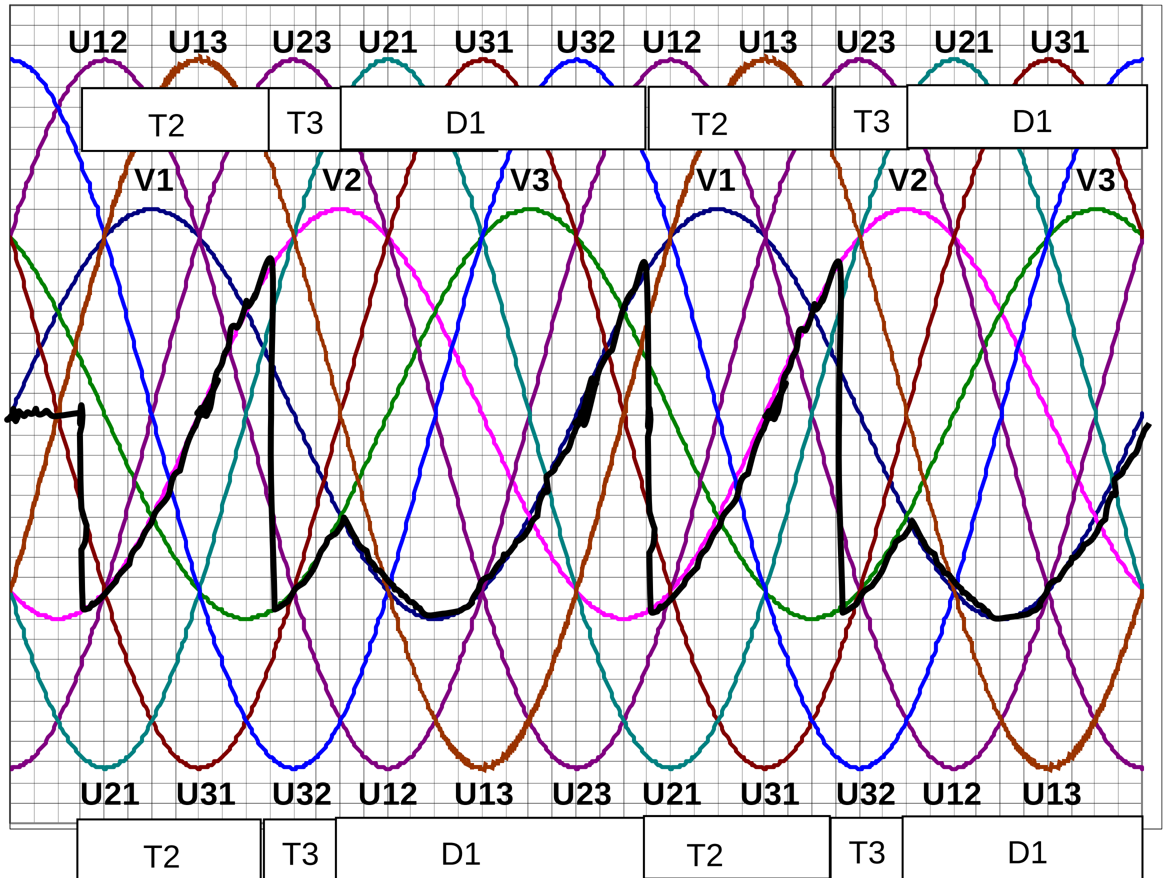
$$V_{chmoy} = 81.08 \cdot [-0.49] = -36.3\,V$$


U12
U13
U23
U21
U31
U32
U12
U13
U23
U21
U31
T2
T3
D1
T2
T3
D1
V1
V2
V3
V1
V2
V3
U21
U31
U32
U12
U13
U23
U21
U31
U32
U12
U13

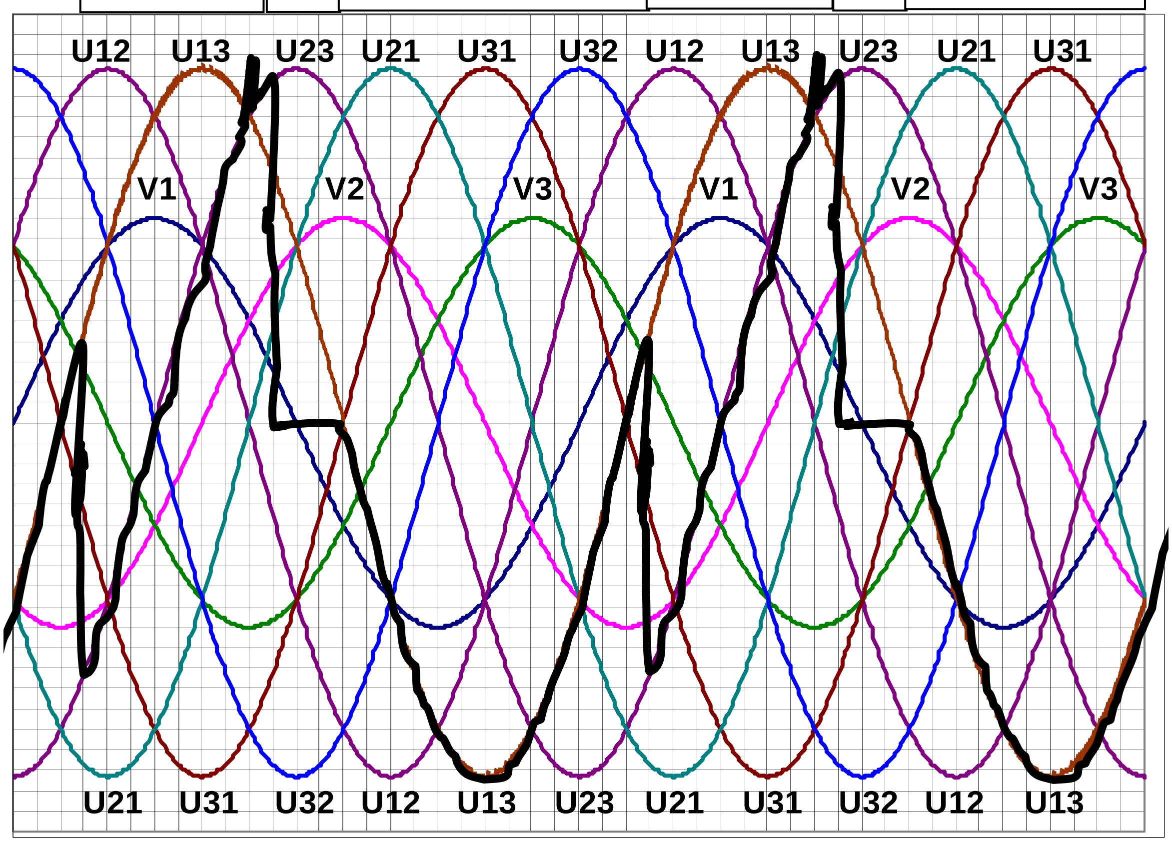
Vch


U12
U13
U23
U21
U31
U32
U12
U13
U23
U21
U31
T2
T3
D1
T2
T3
D1
V1
V2
V3
V1
V2
V3
U21
U31
U32
U12
U13
U23
U21
U31
U32
U12
U13

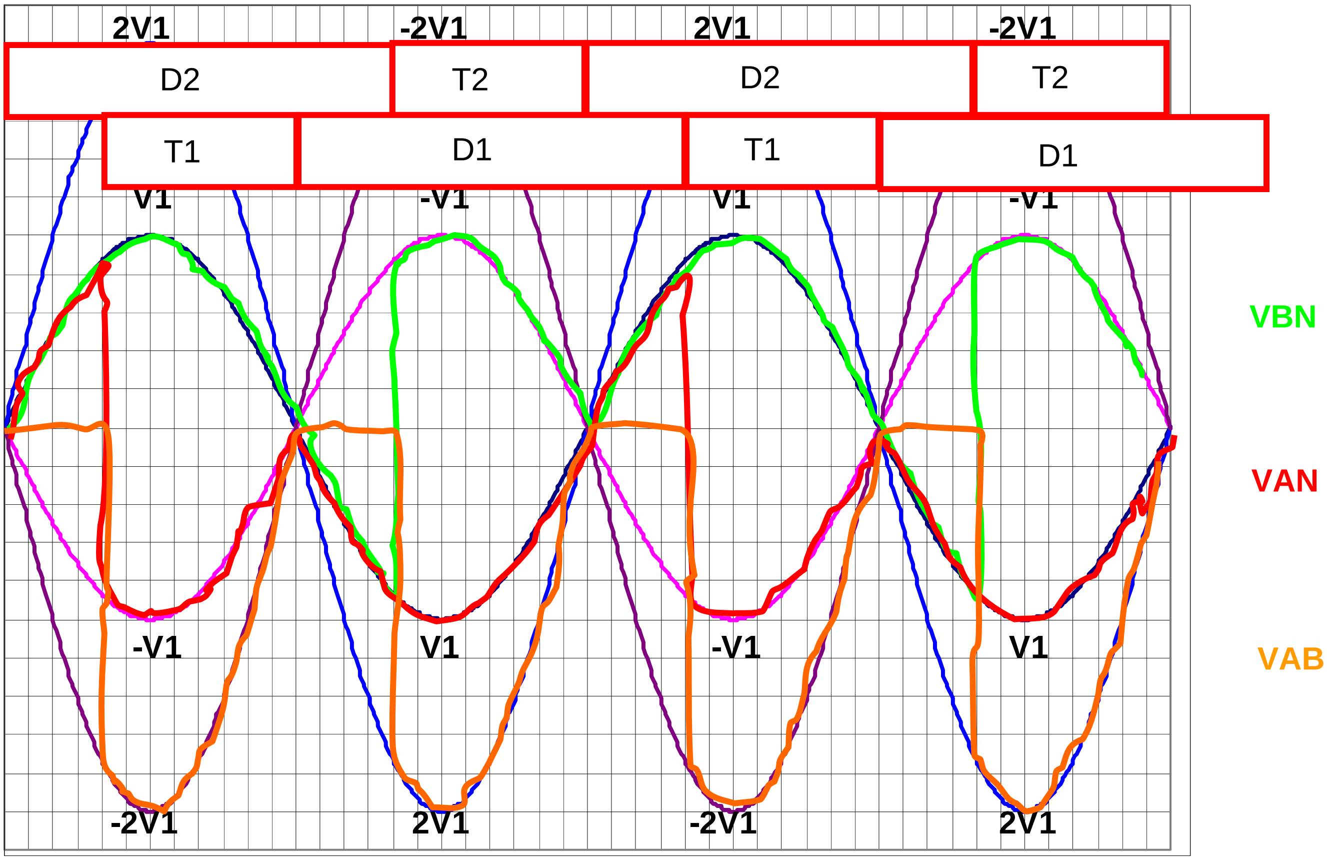
VAK_{T3}

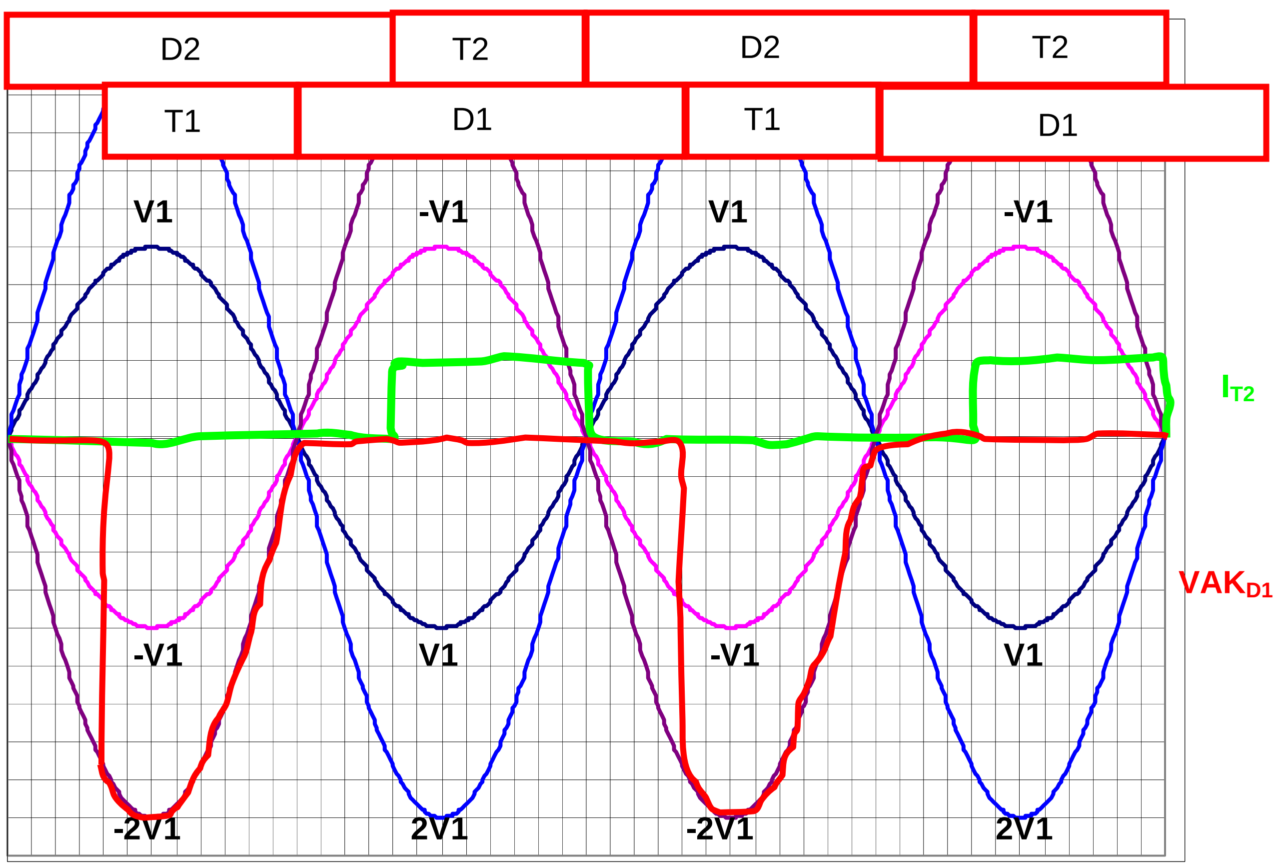

U12 U13 U23 U21 U31 U32 U12 U13 U23 U21 U31
T2 T3 D1 T2 T3 D1
V1 V2 V3 V1 V2 V3
U21 U31 U32 U12 U13 U23 U21 U31 U32 U12 U13
T2 T3 D1 T2 T3 D1

Vch


U12 U13 U23 U21 U31 U32 U12 U13 U23 U21 U31
V1 V2 V3 V1 V2 V3
U21 U31 U32 U12 U13 U23 U21 U31 U32 U12 U13

VAK_{T3}


2V1
-2V1
2V1
-2V1
D2
T2
D2
T2
T1
D1
T1
D1
V1
-V1
V1
-V1
VBN
VAN
VAB
-V1
V1
-V1
V1
-2V1
2V1
-2V1
2V1


D2
T2
D2
T2
T1
D1
T1
D1
V1
-V1
V1
-V1
I_{T2}
VAK_{D1}
-V1
V1
-V1
V1
-2V1
2V1
-2V1
2V1