

| | | |
|-----------|------------------------------------|-------------------------|
| td | td MOD 2.2 | TSI1 (Période 2) |
| | Hacheur – moteur (véhicule) | 1h |
| | Cycle 4 : Moduler | 2 semaines |

MODELISER Modéliser le signal d'entrée.

RESOUDRE Proposer une démarche permettant de déterminer des grandeurs électriques.
Déterminer les signaux électriques dans les circuits.

EXPERIMENTER Mettre en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer.

CONCEVOIR Choisir la technologie des composants de la chaîne de puissance.

Etude d'un hacheur pour moteur à courant continu (inspiré du sujet ATS 2015 : véhicule électrique)

Objectif :

Déterminer le rapport cyclique α adapté à la tension moyenne du moteur souhaitée.

Vérifier le dimensionnement des interrupteurs (critère électrique).

Une représentation simplifiée de la structure interne de l'interface de puissance est donnée sur la figure 1. La tension U_0 est supposée constante $U_0 = 24V$ correspond à la tension maximale admissible par le moteur.

Les interrupteurs seront supposés parfaits.

M représente le moteur à courant continu.

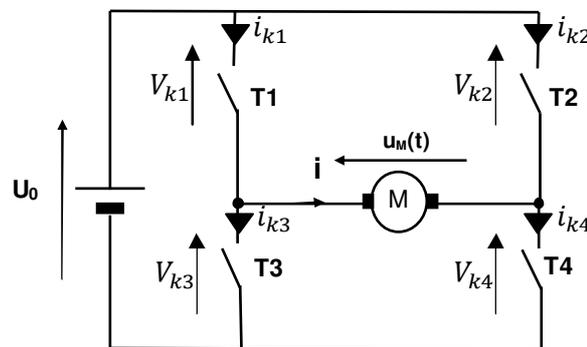


Figure 1 : schéma structurel du convertisseur statique

Les signaux produits par la carte de commande gèrent les interrupteurs T1, T2, T3 et T4. Ils sont commandés avec une fréquence $f = 20 \text{ kHz}$ de période T .

Rappel et convention de signe pour un moteur à courant continu :

- le couple est proportionnel au courant (donc de même signe)
- on admettra que la tension est sensiblement de même signe que la vitesse de rotation $\langle u_M \rangle > 0$ si $\omega_m > 0$ et si la vitesse du véhicule $V > 0$ (marche avant). Inversement en marche arrière.

1 Modèle 1

Un premier modèle de véhicule, étudié dans cette partie, n'évoluait qu'en marche avant. Sa faible inertie et une résistance au roulement importante permet au véhicule de ralentir suffisamment rapidement sans nécessiter d'inverser le sens du courant.

Il est attendu que le véhicule puisse évoluer à différentes vitesses entre 0 km/h et 4 km/h ($U_m = 24V$).

- 1) Tracer les différentes configurations de fermeture des interrupteurs permettant d'assurer le fonctionnement décrit précédemment tout en respectant les règles d'association des sources.
- 2) La structure du convertisseur statique est-elle simplifiable ? Comment s'appelle une telle structure de convertisseur statique ?
- 3) Tracer les caractéristiques $i_k(v_k)$ des interrupteurs restants.
- 4) En déduire le schéma électrique du convertisseur faisant apparaître les symboles électriques des interrupteurs statiques dont les caractéristiques sont celles de la question précédente.
- 5) Tracer l'évolution de $u_m(t)$ sachant que K_1 ne reste fermé que pendant la durée 0 à αT .
- 6) En déduire la valeur moyenne $\langle u_m \rangle$ de la tension $u_m(t)$ en fonction de α notamment.
- 7) En déduire la valeur de α permettant d'obtenir une tension moyenne $\langle U_m \rangle = 18V$.

Hypothèses :

- la résistance de l'induit du moteur est négligeable et on obtient un courant de sortie $i(t)$ triangulaire de valeur moyenne $\langle i \rangle = 5A$ et d'ondulation 10% soit $\Delta i = 0,5A$.
 - le rapport cyclique en régime permanent est celui de la question précédente.
- 8) Tracer l'évolution temporelle des courants i_k et des tensions v_k au niveau des interrupteurs. Calculer et placer sur ces chronogrammes les valeurs de courant moyen $\langle i \rangle$, minimum I_{min} et maximum I_{max} dus à l'ondulation Δi de $i(t)$
 - 9) Vérifier le choix des interrupteurs à partir des annexes (on calculera notamment le courant efficace I_{k1} circulant dans le transistor (sachant que $i_{k_1}(t) = I_{min} + \frac{\Delta i}{\alpha T} * t$ tant que $0 \leq t < T$).

2 Modèle 2

Dans cette évolution, une marche arrière est disponible est la commande est la suivante :

- Pour t compris entre 0 et αT , T1-T4 sont fermés et T2-T3 sont ouverts. Sur le reste de la période (t compris entre αT et T), T2-T3 sont fermés et T1-T4 sont ouverts.

La réversibilité en courant est nécessaire pour mettre en route le véhicule en marche arrière (lutte contre les frottements) mais l'inversion du courant lors du freinage n'est toujours pas nécessaire.

- 10) **Tracer** le diagramme $C_m(\omega_m)$ représentant les quadrants de fonctionnement attendus du moteur, d'après la description précédente.
- 11) Tracer les configurations correspondant aux différentes phases de fermeture des interrupteurs décrites dans la présentation de cette partie et aux différentes phases de réversibilité en courant.
- 12) **Représenter** le chronogramme sur deux périodes de la tension u_M pour un rapport cyclique de 0,25.
- 13) **Exprimer** $\langle u_M \rangle$ la valeur moyenne de la tension u_M aux bornes de l'induit de la MCC en fonction de la tension U_0 et du rapport cyclique α . En déduire le sens du mouvement pour $\alpha=0,25$.
- 14) À partir de cette dernière relation, **proposer** un encadrement du rapport cyclique.
- 15) **Déterminer** la valeur du rapport cyclique permettant au véhicule d'avancer en marche avant à une vitesse réduite ($\langle U_m \rangle = 18V$).
- 16) **Conclure** sur la compatibilité de la commande pour les 2 modèles de véhicule.
- 17) Tracer les caractéristiques **$i_k(v_k)$** des interrupteurs 1 et 2.
- 18) Identifier les composants assurant ces commutations.
- 19) Tracer le schéma électrique du convertisseur statique utilisant des transistors MOS et des diodes.

Annexe 1 : Transistor MOS (Philips BLF 278) prix 30 €

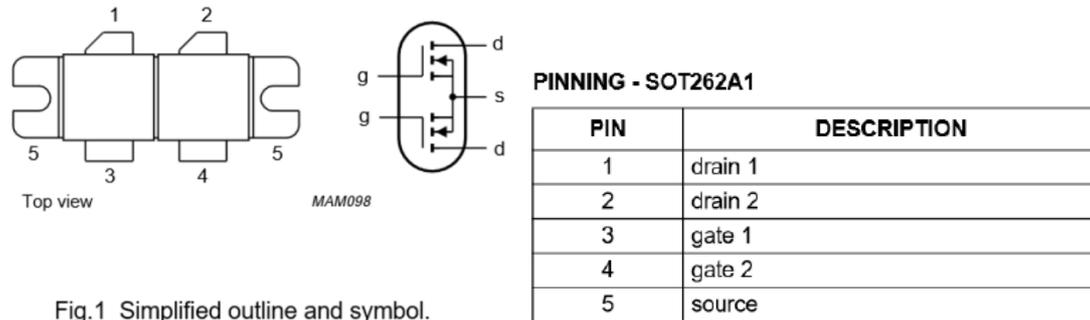


Fig.1 Simplified outline and symbol.

QUICK REFERENCE DATA

RF performance at $T_h = 25\text{ °C}$ in a push-pull common source test circuit.

| MODE OF OPERATION | f (MHz) | V_{DS} (V) | P_L (W) | G_p (dB) | η_D (%) |
|-------------------|---------|--------------|-----------|------------|--------------|
| CW, class-B | 108 | 50 | 300 | >20 | >60 |

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum System (IEC 60134).

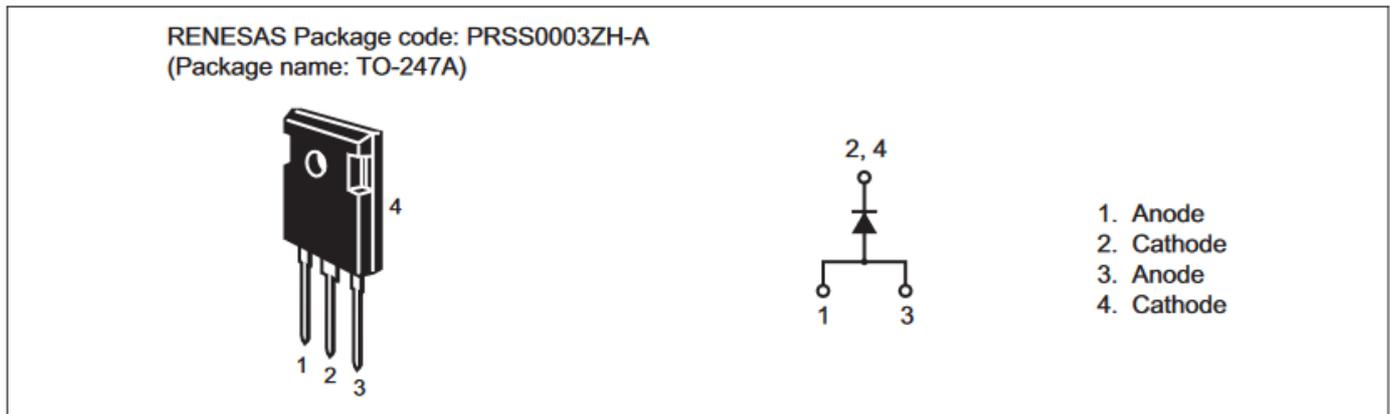
| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | MAX. | UNIT |
|-------------------------------|-------------------------|---|------|----------|------|
| Per transistor section | | | | | |
| V_{DS} | drain-source voltage | | - | 125 | V |
| V_{GS} | gate-source voltage | | - | ± 20 | V |
| I_D | drain current (DC) | | - | 18 | A |
| P_{tot} | total power dissipation | $T_{mb} \leq 25\text{ °C}$; total device; both sections equally loaded | - | 500 | W |
| T_{stg} | storage temperature | | -65 | 150 | °C |
| T_j | junction temperature | | - | 200 | °C |

Annexe 2 : Diode Renesas ® (RJU60C6SDPQ-A0)

Features

- Fast reverse recovery time: $t_{rr} = 100$ ns typ. (at $I_F = 30$ A, $di/dt = -100$ A/ μ s)
- Low forward voltage: $V_F = 1.4$ V typ. (at $I_F = 50$ A)
- Low reverse current: $I_R = 25$ μ A max. (at $V_R = 600$ V)

Outline



Absolute Maximum Ratings

(T_c = 25°C)

| Item | Symbol | Ratings | Unit | |
|-------------------------------------|------------------------|-------------|-------|---|
| Maximum reverse voltage | V_{RM} | 600 | V | |
| Average rectified forward current | I_o | 30 | A | |
| Continuous forward current | T _c = 25°C | I_F | 50 | A |
| | T _c = 100°C | I_F | 25 | A |
| Peak surge forward current | I_{FSM} | 140 | A | |
| Junction to case thermal resistance | θ_{j-cd} | 2.0 | °C /W | |
| Junction temperature | T_j | 150 | °C | |
| Storage temperature | T_{stg} | -55 to +150 | °C | |

Electrical Characteristics

(T_a = 25°C)

| Item | Symbol | Min | Typ | Max | Unit | Test conditions |
|-----------------------|----------|-----|-----|-----|---------|---|
| Forward Voltage | V_F | — | 1.4 | 2.0 | V | $I_F = 50$ A |
| Reverse current | I_R | — | — | 25 | μ A | $V_R = 600$ V |
| Reverse Recovery Time | t_{rr} | — | 100 | — | ns | $I_F = 30$ A, $di/dt = -100$ A/ μ s |