

## TD1 : Système de confort thermique optimisé des véhicules électriques

### A- Présentation

Le système de confort thermique optimisé des véhicules électriques vise à réguler efficacement la température intérieure pour le bien-être des passagers. Grâce à des composants modernes tels que le chauffage à effet PTC (Positive Temperature Coefficient), il assure un chauffage rapide et sécurisé. Les éléments PTC offrent une auto-régulation qui limite le risque de surchauffe. En intégrant des capteurs et une gestion intelligente de l'énergie, ce système réduit la consommation tout en maintenant des conditions thermiques idéales, adaptées aux variations climatiques et aux besoins des passagers.



**Objectif :** L'objectif de cette étude est d'analyser les signaux électriques du système de chauffage PTC, d'évaluer la puissance, le facteur de puissance, et de dimensionner un condensateur de compensation.

### B- Identification des grandeurs électrique pour le système PTC

Le système PTC, qui permet de chauffer le véhicule de manière intelligente, est alimenté par une source alternative sinusoïdale. Cette alimentation est fournie par le système d'alimentation de la voiture, comprenant la batterie et l'onduleur. L'essai présenté dans la figure 2 permet de mesurer la tension et le courant absorbés par le PTC.



Figure 1

- **Question 1 :** Déterminer les valeurs maximales de la tension et du courant, puis en déduisez les valeurs efficaces de ces deux grandeurs.  
Discuter les valeurs trouvées.
- **Question 2 :** Déterminez la période  $T$  des signaux : la tension  $u(t)$  et le courant, en déduire leurs fréquence  $F$  de fonctionnement.
- **Question 3 :** Déterminer le déphasage entre la tension et le courant. Ce déphasage est-il en avance ou en retard ? Quel type de charge représente le PTC ?
- **Question 4 :** En utilisant les résultats obtenus, écrivez les expressions temporelles de la tension  $u(t)$  et du courant  $i(t)$ .

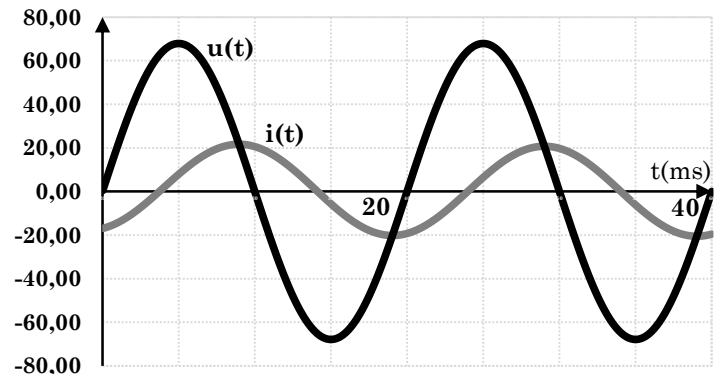


Figure 2

### C- Modélisation de système PTC

Dans cette étude, le système de chauffage PTC est modélisé par une charge de type RL (Figure 2) afin de simplifier l'analyse de son comportement électrique. Le PTC, connu pour ses propriétés de résistance positive à température variable, peut être approximé par une résistance série avec une inductance pour représenter à la fois les effets résistifs et inductifs du circuit. La résistance  $R$  simule la dissipation thermique du PTC, tandis que l'inductance  $L$  prend en compte les éléments inductifs potentiels liés à l'alimentation alternative et aux composants du circuit.

La figure 4 présente un essai en courant continu en régime permanent, où le PTC est alimenté par une faible tension continue, produisant ainsi un courant continu.

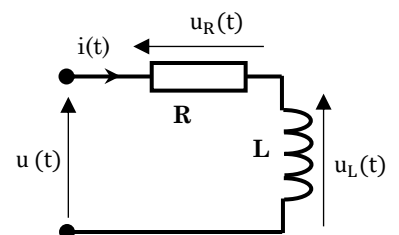


Figure 3

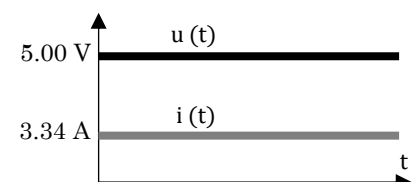


Figure 4

Quelle que soit les valeurs trouvées, on suppose que la tension et le courant fournis par l'onduleur sont exprimés par :

$$\mathbf{u(t) = 48\sqrt{2} \sin(\omega t)} \text{ et } \mathbf{i(t) = 15 \sqrt{2} \sin(\omega t - 1.26)} \text{ avec } \omega = 2\pi.F \text{ (F=50Hz)}$$

- **Question 5 :** Exprimer l'équation différentielle régissant l'évolution du courant  $i(t)$  en fonction de  $L$ ,  $i(t)$ ,  $R$  et  $u(t)$ .  
En déduire l'expression et la valeur de la résistance  $R$ .
- **Question 6 :** Calculer l'impédance complexe  $Z$ , littéralement et numériquement, sous la forme  $A + j B$ .  
En déduire l'expression du module et le déphasage de circuit PTC ensuite calculer la valeur de  $L$ .
- **Question 7 :** Exprimer puis calculer  $U_L$  et  $U_R$  en fonction de  $I$ . En déduire le diagramme de Fresnel des courants faisant apparaître  $\underline{U}_L$  et  $\underline{U}_R$  avec  $\underline{I}$  comme origine des phases et déduire le type de charge.

## D- Relèvement de facteur de puissance de système PTC

Le système PTC étudié, selon les résultats obtenus dans la partie C, peut entraîner un facteur de puissance défavorable, susceptible d'affecter les autres équipements, de réduire l'autonomie des batteries et de diminuer l'efficacité de l'onduleur alimentant le système de chauffage PTC.

**Cahier des charges :** *Les spécifications du véhicule exigent que le facteur de puissance de PTC ne descende pas en dessous de 0,95. Dans le cas contraire, un condensateur de compensation sera nécessaire pour protéger les équipements du système véhicule.*

On donne :  $R = 1.5 \Omega$  et  $L = 15 \text{ mH}$

- **Question 8 :** Exprimer puis calculez les puissances actives ( $P_R$ ,  $P_L$ ) et réactives ( $Q_R$ ,  $Q_L$ ) dissipées respectivement dans la résistance  $R$  et l'inductance  $L$ . En déduire les puissances totales dissipées  $P$  et  $Q$  dans l'ensemble du système.
- **Question 9 :** Exprimer puis calculez le facteur de puissance. Ce facteur répond-il aux spécifications du cahier des charges ? Si non, calculez la capacité du condensateur  $C$  nécessaire pour atteindre le facteur de puissance souhaité.
- **Question 10 :** En vous référant à l'annexe pour la série Vishay 159 PUL-SI, deux équipes d'ingénieurs proposent deux solutions basées sur les références de capacité **43221E3 / 23221E3** pour la première équipe, et **52102E3 / 72102E3** pour la seconde. Analysez la validité de chaque option et choisissez laquelle des deux semble la plus appropriée en justifiant votre choix. Indiquez également le nombre de condensateurs nécessaires et la configuration d'installation à adopter.  
**Note :** le choix se fait avec un coefficient de sécurité de **50%**.
- **Question 11 :** Calculer le courant après le relèvement du facteur de puissance, comparer cette valeur avec celle obtenue précédemment, conclure

## Aluminum Electrolytic Capacitors Power Ultra Long Life Snap-In



Fig. 1

QUICK REFERENCE DATA	
DESCRIPTION	VALUE
Nominal case size (Ø D x L in mm)	22 x 25 to 35 x 60
Rated capacitance range (E6 / E12 series), C <sub>R</sub>	56 µF to 1800 µF
Tolerance on C <sub>R</sub>	± 20 %
Rated voltage range, U <sub>R</sub>	200 V to 500 V
Category temperature range	-25 °C to +105 °C
Endurance test at 105 °C	2000 h
Load life at 105 °C	2000 h
Useful life at 105 °C	5000 h
Useful life at 40 °C and 1.6 x I <sub>R</sub> applied	500 000 h
Shelf life at 0 V, 105 °C	1000 h
Based on sectional specification	IEC 60384-4 / EN 130300
Climatic category IEC 60068	25 / 105 / 56

### FEATURES

- Useful life: 5000 h at 105 °C
- Available up to 500 V
- Polarized aluminum electrolytic capacitors, non-solid electrolyte
- Large types, very small dimensions, cylindrical aluminum case, insulated with a blue sleeve
- Low ESR, high ripple current capability
- Keyed polarity snap-in version available
- High reliability
- Material categorization: for definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)


**RoHS  
COMPLIANT**

### APPLICATIONS

- Solar PV inverters
- General purpose, industrial and audio / video systems
- Smoothing and filtering
- Standard and switched mode power supplies
- Energy storage in pulse systems

### MARKING

The capacitors are marked (where possible) with the following information:

- Rated capacitance (in µF)
- Tolerance code on rated capacitance, code letter in accordance with IEC 60062 (M for ± 20 %)
- Rated voltage (in V)
- Date code (YYMM or in 2 digits according to IEC 60062)
- Name of manufacturer
- Code for factory of origin
- “-” sign to identify the negative terminal, visible from the top and side of the capacitor
- Code number, last 8 digits 159 xxxxx
- Climatic category in accordance with IEC 60068

SELECTION CHART FOR C <sub>R</sub> , U <sub>R</sub> , AND RELEVANT NOMINAL CASE SIZES (Ø D x L in mm)					
C <sub>R</sub> (µF)	U <sub>R</sub> (V)				
	200	250	400	450	500
56	-	-	-	22 x 25	22 x 30
68	-	-	22 x 25	22 x 30	22 x 35
	-	-	-	25 x 25	25 x 30
82	-	-	22 x 30	22 x 35	22 x 35
	-	-	25 x 25	-	25 x 30
100	-	-	22 x 35	22 x 40	22 x 40
	-	-	25 x 30	25 x 30	25 x 35
	-	-	-	30 x 25	-
120	-	-	22 x 35	-	25 x 40
	-	-	25 x 30	25 x 35	30 x 30
	-	-	30 x 25	-	-
150	-	-	22 x 40	25 x 40	25 x 45
	-	-	25 x 35	30 x 30	30 x 35
	-	-	30 x 30	35 x 25	-
180	-	-	25 x 40	25 x 45	25 x 50
	-	-	30 x 30	30 x 35	30 x 40
	-	-	35 x 25	-	35 x 30
220	-	22 x 30	25 x 45	30 x 40	30 x 45
	-	25 x 25	30 x 35	35 x 30	35 x 35
	-	-	35 x 30	-	-



Table 2

ELECTRICAL DATA AND ORDERING INFORMATION										
U <sub>R</sub> (V)	C <sub>R</sub> 100 Hz (µF)	NOMINAL CASE SIZE Ø D x L (mm)	I <sub>R</sub> 120 Hz 105 °C (A)	I <sub>L5</sub> 5 min (mA)	TYP. ESR 100 Hz <sup>(1)</sup> (mΩ)	MAX. ESR 100 Hz <sup>(1)</sup> (mΩ)	TYP. Z 10 kHz (mΩ)	MAX. Z 10 kHz (mΩ)	ORDERING CODE MAL2159.....	
									2-TERM.	3-TERM.
200	330	22 x 30	1.08	0.66	450	730	300	500	52331E3	72331E3
	390	22 x 35	1.23	0.78	380	610	280	470	42391E3	22391E3
	390	25 x 30	1.23	0.78	380	610	280	470	52391E3	72391E3
	470	22 x 40	1.37	0.94	300	505	240	400	32471E3	12471E3
	470	30 x 25	1.27	0.94	300	505	240	400	52471E3	72471E3
	560	25 x 35	1.50	1.12	260	425	235	390	42561E3	22561E3
	560	30 x 30	1.52	1.12	260	425	235	390	52561E3	72561E3
	680	25 x 45	1.82	1.36	210	350	205	340	42681E3	22681E3
	680	30 x 30	1.59	1.36	210	350	205	340	52681E3	72681E3
	680	35 x 25	1.44	1.36	210	350	205	340	62681E3	82681E3
	820	25 x 50	2.04	1.64	180	290	145	240	32821E3	12821E3
	820	30 x 35	1.83	1.64	180	290	145	240	42821E3	22821E3
	820	35 x 30	1.77	1.64	180	290	145	240	52821E3	72821E3
	1000	30 x 45	2.23	2.00	150	235	135	225	42102E3	22102E3
	1000	35 x 35	2.04	2.00	150	235	135	225	52102E3	72102E3
	1200	30 x 50	2.47	2.40	130	210	115	190	42122E3	22122E3
	1200	35 x 35	2.07	2.40	130	210	115	190	52122E3	72122E3
	1500	35 x 45	2.56	3.00	100	170	95	155	52152E3	72152E3
1800	35 x 50	2.80	3.60	90	150	80	130	52182E3	72182E3	
250	220	22 x 30	1.00	0.55	540	1080	420	700	43221E3	23221E3
	220	25 x 25	1.00	0.55	540	1080	420	700	53221E3	73221E3
	270	22 x 35	1.07	0.67	440	880	335	560	43271E3	23271E3
	270	25 x 30	1.08	0.67	440	880	335	560	53271E3	73271E3
	270	30 x 25	1.08	0.67	440	880	335	560	63271E3	83271E3
	330	22 x 40	1.20	0.82	360	720	255	430	33331E3	13331E3
	330	25 x 30	1.21	0.82	360	720	255	430	43331E3	23331E3
	330	30 x 25	1.19	0.82	360	720	255	430	53331E3	73331E3
	390	25 x 35	1.39	0.97	330	610	245	410	43391E3	23391E3
	390	30 x 30	1.41	0.97	330	610	245	410	53391E3	73391E3
	470	25 x 40	1.58	1.17	270	505	240	400	33471E3	13471E3
	470	30 x 30	1.57	1.17	270	505	240	400	43471E3	23471E3
	470	35 x 25	1.37	1.17	270	505	240	400	53471E3	73471E3
	560	25 x 45	1.78	1.40	230	425	185	310	43561E3	23561E3
	560	30 x 35	1.71	1.40	230	425	185	310	53561E3	73561E3
	560	35 x 30	1.67	1.40	230	425	185	310	63561E3	83561E3
	680	30 x 40	1.93	1.70	210	350	155	260	43681E3	23681E3
	680	35 x 35	1.92	1.70	210	350	155	260	53681E3	73681E3
	820	30 x 45	2.16	2.05	180	290	125	210	43821E3	23821E3
	820	35 x 35	1.97	2.05	180	290	125	210	53821E3	73821E3
	820	35 x 40	2.16	2.05	180	290	125	210	63821E3	83821E3
	1000	35 x 40	2.22	2.50	140	235	105	180	53102E3	73102E3
	1000	35 x 45	2.41	2.50	140	235	105	180	63102E3	83102E3
	1200	35 x 45	2.46	3.00	130	200	95	160	43122E3	23122E3
1200	35 x 50	2.65	3.00	130	200	95	160	53122E3	73122E3	

Note

<sup>(1)</sup> ESR at 120 Hz is approximately 0.95 x ESR 100 Hz