

Chargement et déchargement d'un condensateur

MESURE DES TEMPS DE CHARGEMENT ET DE DÉCHARGEMENT

- Enregistrement point par point de l'évolution de la tension aux bornes du condensateur pendant le chargement d'un condensateur par la mesure des temps de chargement.
- Enregistrement point par point de l'évolution de la tension aux bornes du condensateur pendant le déchargement d'un condensateur par la mesure des temps de déchargement.
- Détermination des résistances et capacités internes par la mesure des temps de chargement et de déchargement et comparaison avec des paramètres externes connus.

UE3050105

09/16 JöS/UD



Fig. 1: Appareil de charge et de décharge en service avec une paire de résistances / condensateurs externe (à gauche) et interne (à droite).

NOTIONS DE BASE GENERALES

En régime continu, le courant ne traverse le condensateur que lorsque le circuit est activé ou désactivé. Le condensateur est chargé par le courant à l'activation du circuit jusqu'à ce que la tension appliquée soit atteinte, et déchargé à la désactivation du circuit jusqu'à ce que la tension soit nulle.

Pour un circuit en courant continu de capacité C , de résistance R et de tension continue U_0 , on a à l'activation du circuit :

$$(1) \quad U(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

et à la désactivation du circuit :

$$(2) \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

avec la constante de temps

$$(3) \quad \tau = R \cdot C .$$

Afin de vérifier ce phénomène, on procède pendant l'expérience à la mesure du temps écoulé jusqu'à obtention des valeurs de tension témoins réglées au préalable. Pour ce faire, le chronomètre est mis en marche en même temps que le processus de chargement ou de déchargement puis arrêté par commutation du comparateur dès que la tension témoin est atteinte. Les mesures effectuées pour différentes valeurs de tension témoins permettent de balayer la courbe de chargement ou de déchargement point par point.

Dans la pratique, on s'intéressera également au temps

$$(4) \quad t_{5\%} = -\ln(5\%) \cdot R \cdot C \approx 3 \cdot R \cdot C ,$$

durant lequel la tension aux bornes du condensateur atteint 5%

de la valeur de sortie U_0 lors du déchargement et se rapproche de jusqu'à 5% de la valeur finale U_0 pendant le chargement. En mesurant le temps $t_{5\%}$, on peut par exemple déterminer les paramètres R et C .

LISTE DES APPAREILS

1	Appareil de charge et de décharge @230V	1017781 (U10800-230)
ou		
1	Appareil de charge et de décharge @115V	1017780 (U10800-115)
1	Condensateur 1000 μF , 16 V, P2W191009957	1017806 (U333106)
1	Résistance 10 k Ω , 0,5 W, P2W19	1012922 (U333030)
En plus recommandé :		
1	Multimètre numérique P1035	1002781 (U11806)

MISE EN MARCHÉ

- Brancher le chargeur / déchargeur sur secteur avec le boîtier d'alimentation fourni.

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Dans les positions de commutateur INTERN 1, INTERN 2 ou INTERN 3, le condensateur interne est relié aux douilles d'entrée pour la capacité externe. Les condensateurs interne et externe sont dans ce cas mis en circuit parallèlement.

- Lors de mesures sur les paires R/C internes, ne pas connecter de capacités externes.

Le temps de chargement ou de déchargement mesuré est influencé par les temps de rebondissement qui sont renforcés par un mouvement hésitant de la main de la personne qui actionne le bouton de fonction.

- Tourner rapidement le commutateur de fonction.
- Pour des mesures plus précises du temps, recommencer chaque mesure au moins trois fois et en calculer les valeurs moyennes.
- Ne choisir que des paires R/C dont la constante de temps est $R \cdot C > 4 \text{ s}$.

REALISATION

Mesure sur les paires résistance/condensateur internes

- Retirer les résistances et condensateurs externes.
- Enclencher le bouton de sélection sur INTERN 1, INTERN 2 ou INTERN 3.

Mesure sur les paires résistance/condensateur externes

- Brancher la résistance externe et le condensateur externe.
- Mettre le bouton de sélection sur EXTERN.

Mesure du temps de chargement t_c

- Positionner le bouton de fonction sur CHARGE – STOP.
- Régler le commutateur pas à pas sur la valeur de tension souhaitée.
- Appuyer brièvement sur la touche RESET pour remettre le compteur à affichage numérique à zéro.
- Positionner le bouton de fonction sur CHARGE – START pour démarrer le chargement et la mesure du temps.
- Noter le temps mesuré dès que le compteur s'arrête.

Mesure du temps de déchargement t_{dc}

- Procéder en principe comme pour la courbe de chargement, sauf que le bouton de fonction doit être mis sur DISCHARGE – STOP ou DISCHARGE – START.

Calcul du temps $t_{5\%}$

Le temps $t_{5\%}$ peut être déterminé soit par une mesure du processus de chargement soit par une mesure du processus de déchargement (cf. explications sur l'équation (4)). Une plus grande exactitude peut être obtenue en formant une moyenne des deux mesures :

- Mesurer le temps de chargement $t_{c, 5\%}$ pour 9,5 V
- Mesurer le temps de déchargement $t_{dc, 5\%}$ pour 0,5 V.
- Calculer la moyenne $(t_{c, 5\%} + t_{dc, 5\%}) / 2 = t_{5\%}$.

Enregistrement de la courbe de chargement

- Régler le commutateur pas à pas pour la tension de comparaison sur 0,5 V et calculer le temps de chargement conformément à « Mesure du temps de chargement ».
- Pour mesurer la valeur suivante, tourner le bouton au niveau au-dessus et recommencer toutes les étapes.

Enregistrement de la courbe de déchargement

- Régler le commutateur pas à pas pour la tension de comparaison sur 9,5 V et calculer le temps de déchargement conformément à « Mesure du temps de déchargement ».
- Pour mesurer la valeur suivante, tourner le bouton au niveau au-dessus et recommencer toutes les étapes.

Calcul de la capacité externe et interne ainsi que des résistances internes

- Régler le sélecteur pour la paire R/C successivement sur INTERN 1, INTERN 2 et INTERN 3 et mesurer respectivement 3 fois les temps $t_{c, 5\%}$ et $t_{dc, 5\%}$ suivant la procédure décrite ci-dessus. Inscrive les valeurs dans le tableau 5 et calculer le temps $t_{5\%}$.
- Brancher le condensateur externe. Régler le sélecteur pour la paire R/C par exemple sur INTERN 3 et mesurer respectivement 3 fois les temps $t_{c, 5\%}$ et $t_{dc, 5\%}$ suivant la procédure décrite ci-dessus. Inscrive les valeurs dans le tableau 5 et calculer le temps $t_{5\%}$.
- Brancher également la résistance externe. Régler le sélecteur pour la paire R/C sur EXTERN 3 et mesurer respectivement 3 fois les temps $t_{c, 5\%}$ et $t_{dc, 5\%}$ suivant la procédure décrite ci-dessus. Inscrive les valeurs dans le tableau 5 et calculer le temps $t_{5\%}$.

EXEMPLE DE MESURE

Tab. 1: Temps de chargement et de déchargement de la paire R/C interne 1.

U_c / V	t_c / s	t_{dc} / s
0,5	0,3	14,1
1,0	0,5	10,7
2,0	1,0	7,5
3,0	1,6	5,6
4,0	2,3	4,3
5,0	3,1	3,2
6,0	4,1	2,4
7,0	5,5	1,7
8,0	7,3	1,1
9,0	10,6	0,5
9,5	13,8	0,3

Tab. 3: Temps de chargement et de déchargement de la paire R/C interne 3

U_c / V	t_c / s	t_{dc} / s
0,5	1,1	63,8
1,0	2,2	48,6
2,0	4,6	33,8
3,0	7,3	25,2
4,0	10,4	19,2
5,0	14,2	14,6
6,0	18,9	10,7
7,0	24,9	7,7
8,0	33,6	4,8
9,0	49,1	2,4
9,5	65,8	1,3

Tab. 2: Temps de chargement et de déchargement de la paire R/C interne 2.

U_c / V	t_c / s	t_{dc} / s
0,5	0,5	32,6
1,0	1,2	24,8
2,0	2,3	17,3
3,0	3,8	12,9
4,0	5,3	9,8
5,0	7,2	7,4
6,0	9,6	5,5
7,0	12,7	3,9
8,0	17,0	2,5
9,0	24,6	1,3
9,5	32,4	0,7

Tab. 4: Temps de chargement et de déchargement de la paire R/C externe.

U_c / V	t_c / s	t_{dc} / s
0,5	0,6	33,7
1,0	1,1	25,8
2,0	2,4	17,8
3,0	3,7	13,3
4,0	5,5	10,1
5,0	7,4	7,6
6,0	9,8	5,7
7,0	13,0	3,9
8,0	17,7	2,5
9,0	26,5	1,3
9,5	37,8	0,7

Tab. 5: Temps de chargement et de déchargement $t_{c,5\%}$ et $t_{dc,5\%}$ des 3 paires R/C internes, de la paire R/C interne 3 en montage parallèle avec le condensateur externe, de la paire R/C externe et des temps $t_{5\%}$ issus du calcul de la moyenne.

Mode	$t_{c, 5\%} / s$			$t_{dc, 5\%} / s$			$t_{5\%} / s$
INTERN 1	13,8	14,0	13,8	14,1	14,1	13,9	14,0
INTERN 2	32,4	32,4	32,1	32,6	32,6	32,4	32,4
INTERN 3	65,8	63,9	63,4	63,8	64,5	63,5	64,1
INTERN 3 + C_{EXT}	100,3	99,9	99,7	97,1	97,0	97,0	98,5
EXTERN	37,8	37,4	36,6	33,7	33,5	33,6	35,4

ÉVALUATION

Enregistrement des courbes de chargement et de déchargement

- Représenter graphiquement les tensions réglées U_C par rapport aux temps de chargement et de déchargement mesurés t_C et t_{DC} (tab. 1 à 4).

Les figures 2 et 3 illustrent un exemple de courbe de chargement et de déchargement pour la paire R/C interne 3. Les allures de courbe exponentielles attendues conformément aux équations (1) et (2) sont confirmées.

Calcul de la capacité externe et interne ainsi que des résistances internes

Pour une résistance externe connue $R_{\text{ext}} = 10 \text{ k}\Omega$ (tolérance de 5%), la capacité externe C_{ext} selon (4) est calculée à partir du temps $t_{5\%} = t_{5\%, \text{ext}}$ (tableau 5) :

$$(5) \quad C_{\text{ext}} = \frac{t_{5\%, \text{ext}}}{3 \cdot R_{\text{ext}}} = \frac{35,4 \text{ s}}{3 \cdot 10 \text{ k}\Omega} = 1180 \text{ }\mu\text{F}.$$

Cette valeur coïncide avec la valeur nominale $1000 \text{ }\mu\text{F}$ dans le cadre de la tolérance spécifique de 20%.

Pour les temps $t_{5\%}$ calculés pour la paire R/C interne 3 sans et avec condensateur externe enfiché, on a l'équation (4) :

$$(6) \quad t_{5\%, 3} = 3 \cdot R_{\text{int}, 3} \cdot C_{\text{int}}$$

et

$$(7) \quad t_{5\%, 3\text{ext}} = 3 \cdot R_{\text{int}, 3} \cdot (C_{\text{int}} + C_{\text{ext}}).$$

La division de l'équation (7) par l'équation (6) et application des temps du tableau 5 donne comme résultat :

$$(8) \quad C_{\text{int}} = C_{\text{ext}} \cdot \frac{t_{5\%, 3}}{t_{5\%, 3\text{ext}} - t_{5\%, 3}} = 1180 \text{ }\mu\text{F} \cdot \frac{64,1 \text{ s}}{98,5 \text{ s} - 64,1 \text{ s}} = 2199 \text{ }\mu\text{F}$$

Cette valeur concorde avec la valeur nominale $2000 \text{ }\mu\text{F}$ dans le cadre de la tolérance spécifique de 10%.

On obtient enfin les 3 résistances internes $R_{\text{int}, i}$ encore inconnues à partir des temps de chargement et de déchargement correspondants (tableau 5) et de la capacité interne C_{int} définie auparavant :

$$(9) \quad R_{\text{int}, i} = \frac{t_{5\%, i}}{3 \cdot C_{\text{int}}} \quad \text{mit } i = 1, 2, 3$$

Il en résulte :

$$(10) \quad R_{\text{int}, 1} = \frac{14,0 \text{ s}}{3 \cdot 2199 \text{ }\mu\text{F}} = 2122 \text{ }\Omega.$$

$$(11) \quad R_{\text{int}, 2} = \frac{32,4 \text{ s}}{3 \cdot 2199 \text{ }\mu\text{F}} = 4911 \text{ }\Omega.$$

$$(12) \quad R_{\text{int}, 3} = \frac{64,1 \text{ s}}{3 \cdot 2199 \text{ }\mu\text{F}} = 9717 \text{ }\Omega.$$

Les valeurs coïncident bien avec les valeurs nominales $2,2 \text{ k}\Omega$, $5,1 \text{ k}\Omega$ et $10 \text{ k}\Omega$.

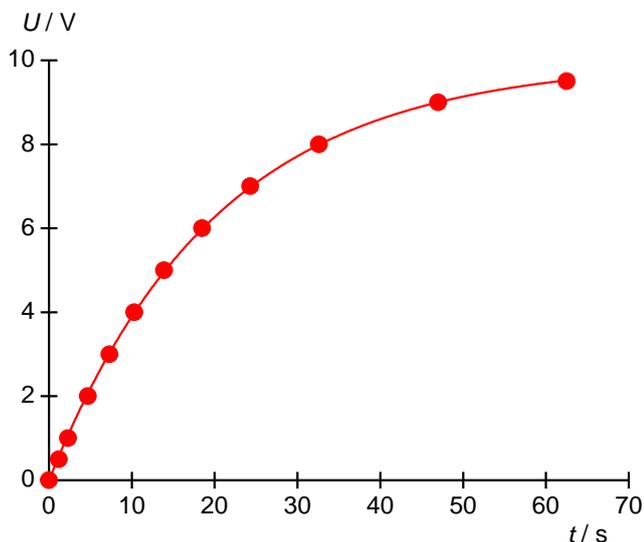


Fig. 2: Courbe de chargement de la paire R/C interne 3.

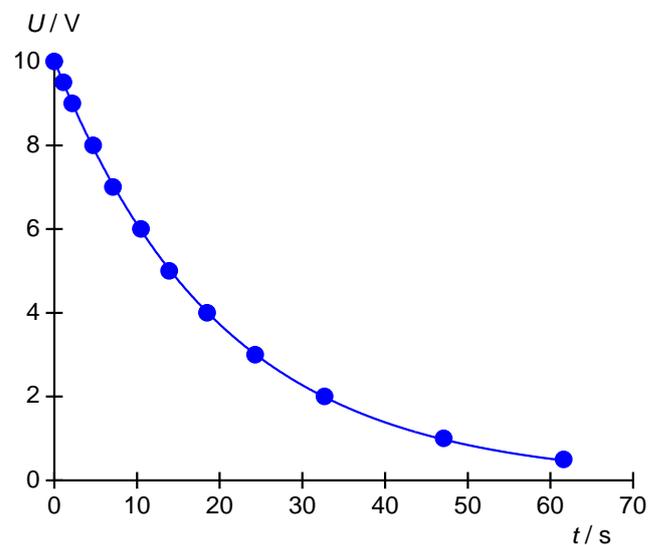


Fig. 3: Courbe de déchargement de la paire R/C interne 3.