

TRANSFORMATEUR D'IMPULSIONS

1. Schéma équivalent

Le schéma équivalent d'un transformateur d'impulsions, toutes les grandeurs ramenées au primaire est donné figure 1.

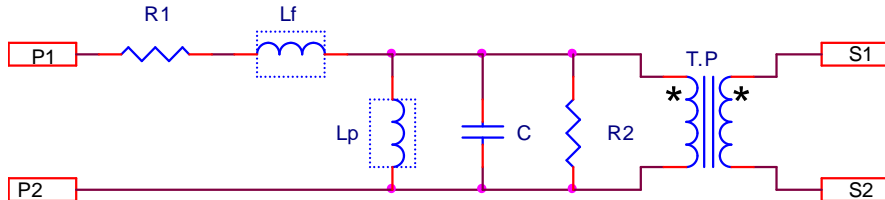


Figure 1 - Schéma équivalent d'un transformateur d'impulsions (vue côté primaire)

- R1: résistance des enroulements primaire et secondaire.
- Lf: inductance de fuite primaire/secondaire
- Lp: inductance de l'enroulement primaire
- R2: résistance équivalente aux pertes à vide
- C: capacité répartie du primaire
- T.P: transformateur parfait $n = n_2/n_1$

2. Réponse impulsionnelle

La figure 2b montre l'allure de la tension secondaire lorsque le primaire est soumis à une impulsion (fig2a).

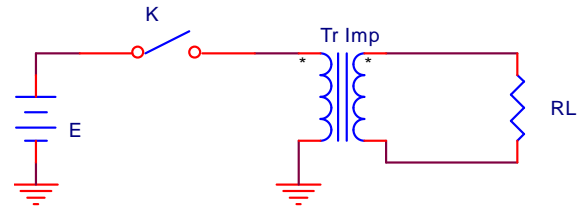


Fig 2a

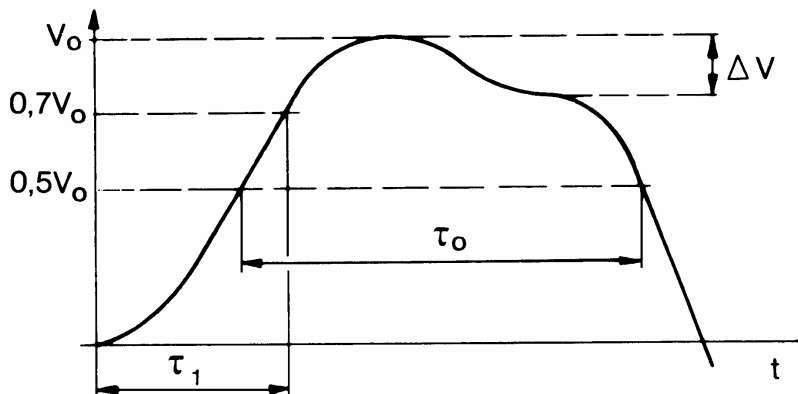


Figure 2b - Allure de la tension secondaire

Sur cette forme d'onde, on peut distinguer trois phases:

- La phase de montée
- La phase de plateau
- La phase de descente

Pour l'étude de chacune de ces phases, on peut utiliser un schéma équivalent simplifié en négligeant les éléments dont l'influence est du second ordre durant la phase considérée.

2.1 Phase de montée

Le schéma équivalent est alors le suivant (fig.3):

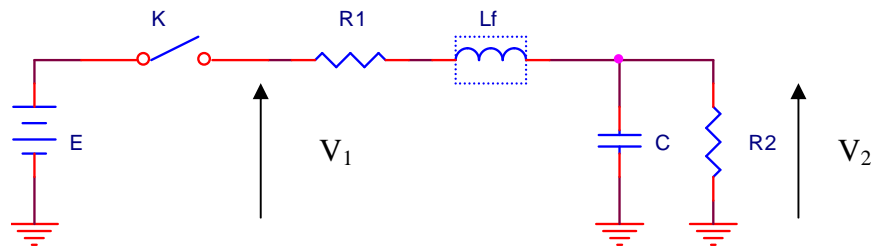


Figure 3 - Schéma équivalent pour la phase de montée.

On peut négliger l'inductance L_p pendant les premiers instants après le fermeture de K, puisque le courant qui la traverse est nul à $t=0$.

La résistance R_2 représente la résistance de charge du secondaire ramenée au primaire, augmentée de la résistance équivalente aux pertes fer (souvent négligeable).

$$R_2 = R_L (n_1/n_2)^2$$

Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, on peut écrire:

$$E - V_2 = R_1 i + L_f di/dt \quad \text{ou} \quad V_2 = E - R_1 i - L_f di/dt$$

Le courant i dans le circuit est donné par l'équation:

$$i = V_2/R_2 + C dV_2/dt$$

2.2 Phase de plateau

Le schéma équivalent pour cette phase est le suivant (fig.4)

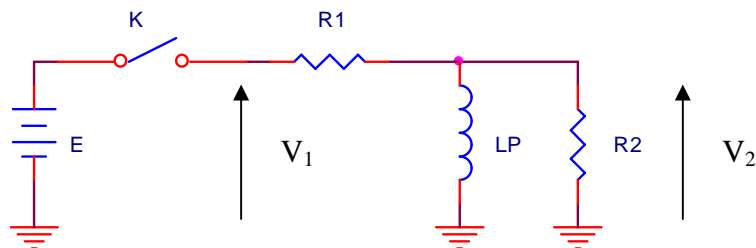


Figure 4. Schéma équivalent pour la phase de plateau.

En nommant i le courant circulant dans l'inductance L_p on peut établir l'équation de la tension de sortie :

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1} \left[E - L \frac{di}{dt} - R_1 i \right]$$

On note une décroissance exponentielle

2.3 Durée maximale d'impulsion.

Si la durée de l'impulsion dépasse une certaine valeur, le transformateur se sature.

En négligeant les résistances R_1 et R_2 , on peut écrire:

$$E = L_p \frac{di}{dt} \quad \text{soit :}$$

$$i = E t / L_p$$

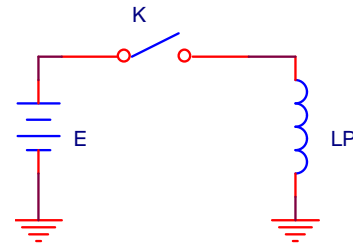


Fig 5a - fonctionnement unipolaire

Le champ magnétique dans le noyau du transformateur est proportionnel à i (théorème d'Ampère). L'induction dans le noyau croît donc de sa valeur rémanente B_R pour atteindre la saturation au bout d'un temps T .

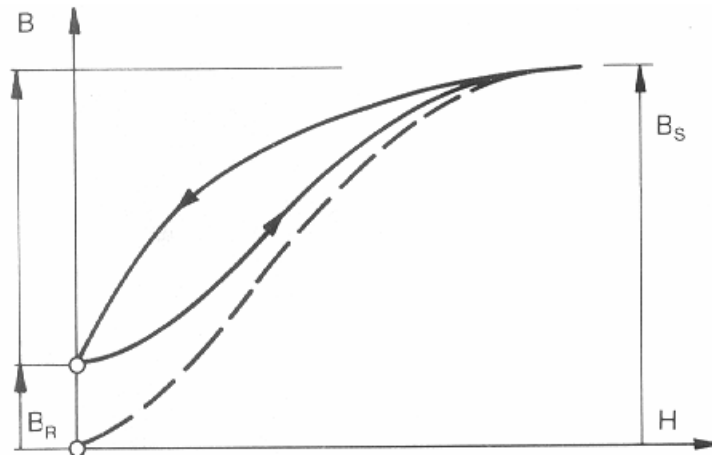


Figure 5b - Cycle d'hystérésis magnétique du transformateur d'impulsions en fonctionnement unipolaire

Le courant dans l'inductance primaire vaut alors:

$$I_{sat} = ET/L_p$$

Pour un transformateur donné, le produit tension - temps $E T$ est constant et caractérise la durée maximale d'impulsion sous une tension E .

Si la durée de l'impulsion dépasse la valeur maximale, le transformateur se sature. Le courant n'est plus alors limité que par la résistance du circuit, l'inductance résiduelle du transformateur (inductance du primaire sans noyau magnétique : $\mu_r = 1$) et les caractéristiques de l'interrupteur K (gain en courant β dans le cas d'un transistor bipolaire).

2.4 Phase de descente

Le schéma équivalent du circuit durant cette phase est donné figure 6.

On est en présence d'un circuit oscillant parallèle dont la décharge va dépendre de l'amortissement du circuit. Elle peut être soit oscillante amortie, soit amortie.

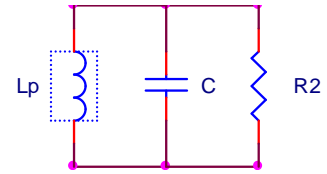


Fig. 6

3. Caractéristiques électriques (d'après document Schaffner)

3.1 Rapport de transformation

C'est le rapport du nombre de spires (par ex. 2:1:1), le premier chiffre se rapporte à la bobine qualifiée de "primaire".

3.2 La surface tension-temps

On appelle le produit $V_0 t$ la surface tension-temps; celle-ci donne la plus grande intégrale possible temps/tension de la bobine secondaire à vide, pour une température du noyau de 20°C , en fonctionnement unipolaire et magnétisation jusqu'à la saturation.

Pour un fonctionnement unipolaire, la magnétisation répétée est sous-entendue dans une seule et même direction; c'est à dire, de l'induction rémanente B_R jusqu'à l'induction à saturation B_S (fig.5b).

Elle est définie par la formule suivante:

$$V_0 t = N A \Delta B$$

$V \mu\text{s}$	nombre de spires	section du noyau (mm^2)	excursion de l'induction
-----------------	------------------	------------------------------------	--------------------------

3.3 Inductance de fuite

A partir du temps de montée on peut définir très précisément l'inductance de fuite côté secondaire, selon la formule suivante:

$$L_f = L_{f1} + L_{f2} = 0,83 t_r (R_L + R_S + (n_2/n_1)^2 R_P)$$

$R_P =$	résistance de l'enroulement primaire
$R_S =$	résistance de l'enroulement secondaire
$L_{f1} =$	inductance de fuite primaire ramenée au secondaire
$L_{f2} =$	inductance de fuite mesurée du côté secondaire
$L_f =$	inductance de fuite (valeur du catalogue)

3.4 L'inductance primaire (L_p)

La valeur donnée est à interpréter comme valeur indicative.

Conditions de mesure:

1000 Hz, petit signal, 20°C

Tolérance: -30% / +50 %

Des tolérances jusqu'à $\pm 25\%$ peuvent se produire lors d'une fluctuation de température de 0°C à 70°C

Un matériau magnétique approprié est utilisé pour les applications dont les tolérances doivent être maintenues dans une large plage de températures.

L'inductance primaire est définie par:

$$L = \Delta\phi/\Delta I$$

3.5 La tension nominale (U_{eff})

C'est la valeur nominale de la tension efficace admissible entre les enroulements primaire et secondaire.

La tension nominale est déterminée par la résistance à la décharge, la tension intermittente de la décharge partielle, les distances de décharge et les entrefers.

La tension nominale n'est pas une mesure absolue; la tension de fonctionnement doit toujours être inférieure ou égale à la tension nominale, selon les prescriptions de sécurité en vigueur pour l'application considérée.

3.6 La capacité de couplage (C_k)

On la mesure entre la bobine primaire et la bobine secondaire. En général cette valeur n'a pas de rapport avec la qualité de transmission du transformateur d'impulsions.

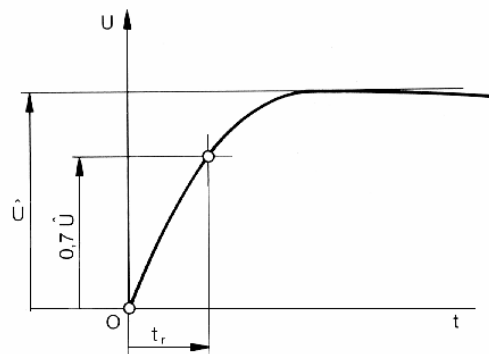
Pour assurer une susceptibilité minimale aux parasites, la capacité de couplage doit être réduite au minimum. Un blindage entre les deux bobines permet de réduire la capacité de couplage.

3.7 Courant d'allumage

Le courant d'allumage est une valeur indicative, pour laquelle la chute de tension dans la résistance des enroulements est relativement faible (dans la plupart des cas inférieure à 1 V).

3.8 Temps de montée de la tension secondaire

Le temps de montée t_r de la tension secondaire est mesuré sur charge résistive R_L et à 70% de la hauteur d'impulsion au départ

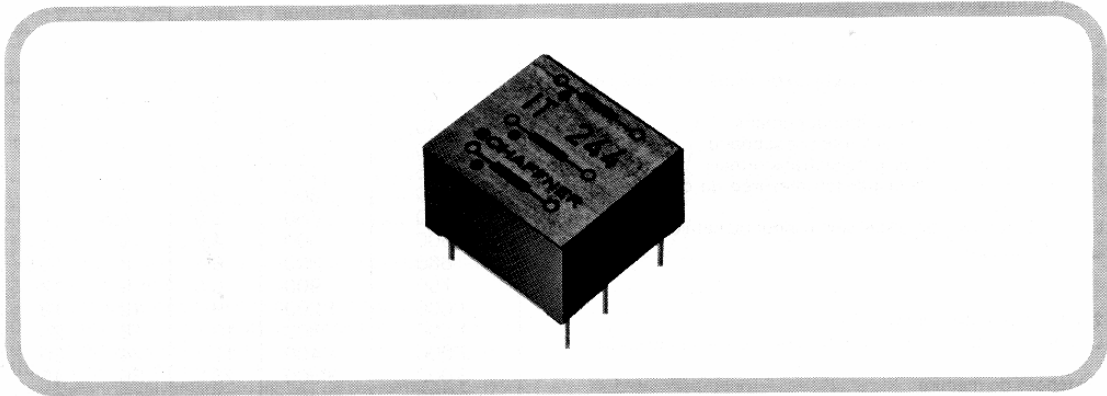


Signification des abréviations

$V_0 t$:Surface tension-temps, c'est le produit de la hauteur par la largeur d'impulsion (mesurée à mi-hauteur) côté secondaire en fonctionnement unipolaire et à vide.
t_r	:Temps de montée d'impulsion,
R_L	:Résistance de charge (côté secondaire)
R_p	:Résistance de la bobine primaire (DC)
R_s	:Résistance de la bobine secondaire (DC)
L_p	:Inductance primaire mesurée à 1 kHz (Bobine secondaire à vide)
L_{str} bobines	: Inductance de fuite avec bobine primaire court-circuitée (s'il y a plusieurs secondaires une seule doit être branchée). Fréquence de mesure:10kHz.
C_k	:Capacité de couplage entre bobine primaire et secondaire
U_{eff}	:Valeur efficace de la tension de service
U_p	:Valeur efficace de la tension d'essai
U_k	:Tension de décharge partielle . 1,5 x tension de service admissible

Exemple de notice technique de transformateurs d'impulsions

Caractéristiques techniques



Type Rap. sp. U_{eff.} V U_p kV V_o · t V · μs t, μs L_p mH L_{Str} μH R_p Ω R_s Ω C_k pF Boît. Conne- xion Poids ca. g

Courant d'allumage 10 mA – 25 mA Temps de montée t, à R_L = 400 Ω

IT 145	1:1	500	4	800	0,6	15	200	3	3	10	5	8	13
IT 143	1:1:1	500	4	800	0,6	15	200	3	3	10	5	9	14
IT 144	3:1:1	500	4	800	0,6	140	300	20	3	10	5	9	13

Courant d'allumage 25 mA – 100 mA Temps de montée t, à R_L = 100 Ω

IT 155	1:1	500	4	500	1	5	85	1	1	6	5	8	13
IT 245	1:1	750	4	500	1,2	8	100	1,4	1,4	10	3	3	6
IT 101	1:1:1	250	2,5	400	0,2	8	20	3,5	4	20	1	1	4
IT 153	1:1:1	500	4	600	1,4	9	120	1,4	1,4	10	5	9	14
IT 242	1:1:1	500	3,2	250	0,9	2,5	75	0,6	0,6	7	3	5	6
IT 243	1:1:1	500	3,2	250	1	2,5	85	0,7	0,7	7	3	4	6
IT 246	2:1	750	4	200	0,4	7	35	1,8	1	7	3	3	6
IT 247	2:1:1	500	3,2	200	0,7	7	55	1,8	1	7	3	3	6
IT 260	3:1	500	3,2	200	0,3	12	30	1,8	0,7	8	3	3	6
IT 154	3:1:1	500	4	600	1,3	75	180	7	2	9	5	9	14
IT 244	3:1:1	500	3,2	200	0,7	15	70	2,6	0,8	9	3	4	6

4. Applications des transformateurs d'impulsions

Les transformateurs d'impulsions ont un large domaine d'application. On peut citer notamment:

- allumage de thyristors et triacs
- commande de transistors bipolaires utilisés en commutation
- commande de transistors à effet de champ (FET et MOSFET)
- emploi comme transformateur de couplage pour transmission de données
- séparation galvanique dans les centraux téléphoniques,...

Dans la plupart des cas, le signal (impulsion de commande) est transmis de l'électronique de commande au circuit de puissance, qui se trouve souvent à un potentiel élevé.

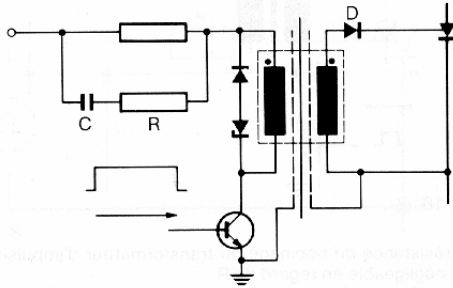
La séparation galvanique au moyen de transformateurs d'impulsions simplifie le circuit et le protège contre la destruction par des transitoires de haute énergie.

Les caractéristiques techniques varient dans de larges proportions selon les applications:

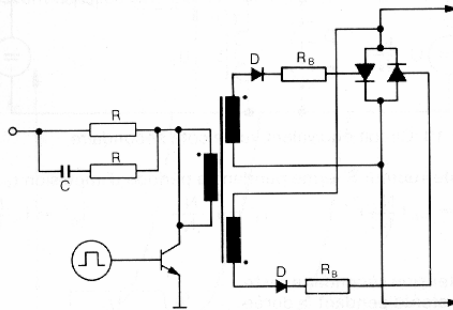
tension à vide :	5 - 10 V
courant d'allumage	10 mA - 2 A
temps de montée	0,2 μ s - 5 μ s
durée d'impulsion	10 μ s - 2 ms
fréquence d'impulsion	fréquence du réseau jusqu'à env. 10 kHz, pour transmission de données jusqu'à 500 kHz

Quelques exemples d'application de transformateurs d'impulsions

Circuit de commande pour thyristors

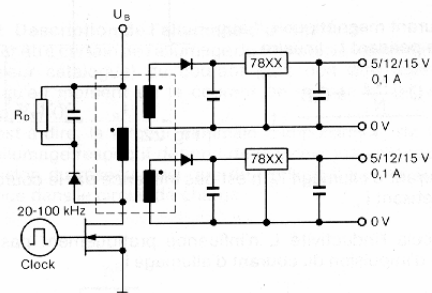


Circuit de commande pour thyristors en opération antiparallèle

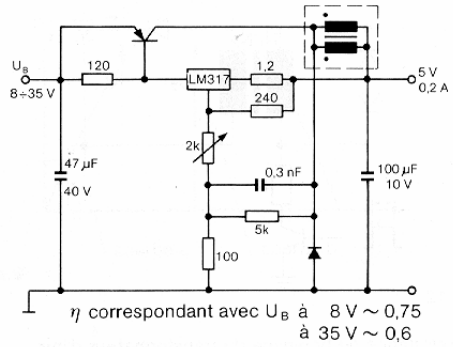


D = Diode de protection
R_B = Résistance de limitation de courant

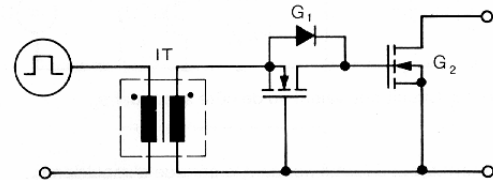
DC-DC convertisseur pour circuits séparés galvaniquement



IT employé comme un self dans un régulateur à basse puissance



Circuit pilote pour HEXFET powerswitch avec longue durée d'enclenchement



Circuit pour GTO-Commutateur dans un régulateur à haute puissance

