

--- Soudure par points par transformateur MO 2 et 3 spires type Jicer (24 mars 2014) ---

La théorie du transformateur permet de ramener au primaire toutes les résistances et réactances du secondaire, il suffit de multiplier ces valeurs par le carré du rapport de transformation ($k^2 = N_p^2/N_s^2$) et d'ajouter les résultats en série dans le primaire (1) (2) (3). Il ne reste plus alors au primaire que des réactances et des résistances en série ; le transformateur n'existe plus.

De nombreuses mesures indiquent que la résistance de la soudure est d'environ 500 μ ohms, des sources (7) donnent elles plutôt 200 μ ohms ? Un mystère à élucider ?

Caractéristiques physiques des matériaux utilisés

Résistivité du cuivre pur	à 20°C	: 1.7 10 ⁻⁸ ohm.m
Résistivité du cuivre de plomberie	à 20°C	: 2.2 10 ⁻⁸ ohm.m(4)
Résistivité de l'aluminium pur	à 20°C	: 2.6 10 ⁻⁸ ohm.m
Chaleur thermique massique du cuivre		: 385 J/(kg.K)
Chaleur thermique massique du cuivre		: 897 J/(kg.K)
Chaleur thermique massique de l'eau		: 4185 J/(kg.K)
Densité du cuivre		: 8.96
Densité de l'aluminium		: 2.70

Caractéristiques du transformateur Jicer (mesurées et vérifiées)

Dimensions externes	: 105x87.5x64 mm
Largeur flancs et épaules	: 17.5 mm
2 Fenêtres	: 17.5x52 mm
Dimensions du noyau	: 64 x 35 mm
Longueur du chemin magnétique	: 21 cm
Nombre de spires en aluminium au primaire	: 250 spires
Poids du primaire en aluminium	: 170g
Résistance de l'enroulement primaire	: 2.5 ohms
Epaisseur des tôles magnétiques	: 0.4 mm

Caractéristiques des enroulements secondaires 2 et 3 spires

Dimensions des spires rectangulaires du secondaire
extérieures ~125x68 mm, centre ~83x39 mm
Epaisseur d'une spire pour 2 spires = 12mm, pour 3 spires 8mm,
pour 4 spires 6mm

Résistance 3 spires (5)

$$\begin{aligned} 5 \times 2.2E-8 \times 0.053 / 0.000168 &= 0.0000347 \\ 6 \times 2.2E-8 \times 0.104 / 0.000112 &= 0.0001225 \\ \text{total} &= 157.3 \mu\text{ohms} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Poids 3 spires} : (6 \times 0.000168 \times 0.068 \\ + 6 \times 0.000112 \times 0.083) \times 8.96 &= 1113.9\text{g} \end{aligned}$$

Résistance 2 spires (6)

$$\begin{aligned} 3 \times 2.2E-8 \times 0.053 / 0.000252 &= 0.0000139 \\ 4 \times 2.2E-8 \times 0.104 / 0.000168 &= 0.0000545 \\ \text{total} &= 68.4 \mu\text{ohms} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Poids 2 spires} : (4 \times 0.000252 \times 0.068 \\ + 4 \times 0.000168 \times 0.083) \times 8.96 &= 1113.9\text{g} \end{aligned}$$

Caractéristiques des pinces 2 et 3 spires

3 Spires, résistance de la pince de 18cm et 120mm²

$$2 \times 2.2E-8 \times 0.180 / 0.000120 = 66.0 \mu\text{ohms}$$

$$3 \text{ Spires, poids de la pince } 18 \text{ cm } 120\text{mm}^2 \\ 2 \times 0.000120 \times 0.180 \times 8.96 = 387.1 \text{ g}$$

$$2 \text{ Spires, résistance de la pince de } 18\text{cm et } 192\text{mm}^2 \\ 2 \times 2.2E-8 \times 0.180 / 0.000192 = 41.2 \mu\text{ohms}$$

$$2 \text{ Spires, poids de la pince } 18 \text{ cm } 192\text{mm}^2 \\ 2 \times 0.000192 \times 0.180 \times 8.96 = 619.1 \text{ g}$$

$$\text{Résistance des électrodes } 2 \times 2\text{cm de } 40\text{mm}^2 \text{ à } 150^\circ\text{C}: R_o = 3.2E-8 \\ 2 \times 3.2E-8 \times 0.020 / 0.000040 = 32.0 \mu\text{ohms}$$

$$\text{Poids des électrodes en cuivre } 2 \times 2 \text{ cm } \times 40\text{mm}^2 \\ 2 \times 0.02 \times 0.000040 \times 8.96 = 14.3 \text{ g}$$

Soudeuse 3 spires Jicer

Rapport de transformation K : on compte 2.6 spires au secondaire et non trois car la tension mesurée au secondaire non chargé indique 2.6 spires

$$K = 250/2.6 = 96 \quad \text{et} \quad K^2 = 96 \times 96 = 9216$$

On ramène toutes les composantes de la charge au secondaire au primaire, on a en boucle (tout en série)

- un générateur 230V efficace (le secteur)
- résistance du primaire = 2.500 ohms
- résistance des 3 spires du secondaire ramenée au primaire : $157.3\mu \times 9216 = 1.450 \text{ ohms}$
- résistance de la pince de 18cm 120mm² ramenée au primaire : $66.0\mu \times 9216 = 0.608 \text{ ohms}$
- résistance des électrodes 40mm² à 100°C ramenée au primaire : $32.0\mu \times 9216 = 0.294 \text{ ohms}$
- résistance de la soudure ramenée au primaire : $500.0\mu \times 9216 = 4.600 \text{ ohms}$

$$\text{Au total, on a une résistance } 2.5 + 1.450 + 0.608 + 0.294 + 4.600 \dots = 9.452 \text{ ohms}$$

$$\text{Le courant au primaire est donc de } 230 / 9.452 = 24.33\text{A}$$

$$\text{Puissance totale au primaire } 24.33 \times 230 = 5596\text{W}$$

$$\text{Puissances dans les différents éléments } P = R \times I^2$$

sur la soudure	$4.600 \times 24.3^2 = 2716\text{W}$
dans le secondaire	$1.450 \times 24.3^2 = 856\text{W}$
dans la pince	$0.608 \times 24.3^2 = 359\text{W}$
dans les électrodes	$0.294 \times 24.3^2 = 174\text{W}$
dans le primaire	$2.500 \times 24.3^2 = 1476\text{W}$

$$\text{On a donc } 24.3 \times k = 24.3 \times 96 = 2335\text{A dans la soudure}$$

$$\text{Tension en charge sur la soudure : } 24.3 \times 4.6 / 96 = 1.164\text{V}$$

Echauffement des différents éléments

Echauffement du secondaire par seconde
poids du secondaire 1011.5g de cuivre et Chal spec 389J/kg.K
dT une seconde : $856 / (0.389 \times 1113.9) = 1.98^\circ\text{C par seconde}$

Echauffement de la pince
poids de la pince 387.1g de cuivre et Chal spec 389J/kg.K
dT une seconde : $359 / (0.389 \times 387.1) = 2.38^\circ\text{C par seconde}$

Echauffement des électrodes
poids des électrodes en cuivre 14.3g et Chal spec 389J/kg.K
dT une seconde : $174 / (0.389 \times 14.3) = 31.3^\circ\text{C par seconde}$

Echauffement du primaire par seconde
poids du primaire : 170g d'aluminium et Chal Spec 897J/kg.K
dT 1 secondes : $1476 / (0.897 \times 170) = 9.68^\circ\text{C par seconde}$

Soudeuse 2 spires Jicer

Rapport de transformation K : on compte 1.6 spires au secondaire et non deux car la tension mesurée au secondaire non chargé indique 1.6 spires

$$K = 250/1.6 = 156 \quad \text{et} \quad K^2 = 24414$$

On ramène toutes les composantes de la charge au secondaire au primaire, on a en boucle (tout en série)

- un générateur 230V efficace (le secteur)
- résistance du primaire = 2.500 ohms
- résistance des 2 spires du secondaire ramenée au primaire : $68.4\mu \times 24414 = 1.670$ ohms
- résistance de la pince de 18cm 120mm² ramenée au primaire : $41.2\mu \times 24414 = 1.006$ ohms
- résistance des électrodes 40mm² à 100°C ramenée au primaire : $32.0\mu \times 24414 = 0.781$ ohms
- résistance de la soudure ramenée au primaire : $500.0\mu \times 24414 = 12.207$ ohms

Au total, on a une résistance $2.5 + 1.670 + 1.006 + 0.781 + 12.207 \dots\dots\dots = 18.164$ ohms

Le courant au primaire est donc de $230 / 18.164 = 12.66$ A

Puissance totale au primaire $12.66 \times 230 = 2912$ W

Puissances dans les différents éléments $P = R \times I^2$

sur la soudure $12.207 \times 12.66^2 = 1956$ W
dans le secondaire $1.670 \times 12.66^2 = 268$ W
dans la pince $1.006 \times 12.66^2 = 161$ W
dans les électrodes $0.781 \times 12.66^2 = 125$ W
dans le primaire $2.500 \times 12.66^2 = 401$ W

On a donc $12.66 \times k = 12.66 \times 156 = 1974$ A dans la soudure

Tension en charge sur la soudure : $12.66 \times 12.207 / 156 = 990$ mV

Echauffement des différents éléments

Echauffement du secondaire par seconde

poids du secondaire 1011.5g de cuivre et Chal spec 389J/kg.K
dT une seconde : $258 / (0.389 \times 1113.9) = 0.60^\circ\text{C}$ par seconde

Echauffement de la pince

poids de la pince 387.1g de cuivre et Chal spec 389J/kg.K
dT une seconde : $161 / (0.389 \times 619.1) = 0.67^\circ\text{C}$ par seconde

Echauffement des électrodes

poids des électrodes en cuivre 14.3g et Chal spec 389J/kg.K
dT une seconde : $125 / (0.389 \times 14.3) = 22.5^\circ\text{C}$ par seconde

Echauffement du primaire par seconde

poids du primaire : 170g d'aluminium et Chal Spec 897J/kg.K
dT 1 secondes : $401 / (0.897 \times 170) = 2.63^\circ\text{C}$ par seconde

=====
Il faudrait tenir compte de la réactance de l'inductance de fuite et de la réactance de la pince ramenées au primaires.

(1) donne une méthode permettant de calculer l'inductance de fuite d'un transformateur, on trouve environ 2mH pour le transformateur décrit ci-dessus.

Réactance de fuite de 2mH à 50Hz : $2 \times \pi \times 50 \times 0.002 = 0.628$ ohms

Inductance de la pince : 0.2µH pour L=18cm H=7cm diam=14mm (9) (10)

Réactance de la pince : $2 \times \pi \times 50 \times 0.2E-6 = 62.8E-6$

ramenée au primaire pour 2 spires = $24414 \times 62.8E-6 = 1.533$ ohms

ramenée au primaire pour 3 spires = $9216 \times 62.8E-6 = 0.578$ ohms

Total des réactances au primaire

pour 2 spires : $0.628 + 1.533 = 2.161$ ohms

pour 3 spires : $0.628 + 0.578 = 1.206$ ohms

Recalculons le courant au primaire en y ajoutant cette réactance en série

Courant au primaire pour 2 spires = $230 / (\text{Sqr}(18.164^2 + 2.161^2)) = 12.57$ ohms au lieu de 12.66 ohms

Courant au primaire pour 3 spires = $230 / (\text{Sqr}(18.164^2 + 1.206^2)) = 24.13$ ohms au lieu de 24.33 ohms

Il est donc pertinent de négliger ces inductances, même si la valeur de l'inductance de fuite est imprécise.

=====

- (1) http://raymond.caniac.perso.neuf.fr/mapage/monsite/cem/All_transformateur.pd
- (2) <http://www.electrical4u.com/equivalent-circuit-of-transformer-referred-to-primary-and-secondary/>
- (3) <http://en.wikipedia.org/wiki/Transformer>
- (4) <http://www.usinages.com/ressources/image/thumb/177577>
- (5) Les trois spires au secondaire s'enroulent autour du noyau, elles ont une largeur de 21mm hors du transformateur et de 14mm dans le transfo, l'épaisseur d'une spires est de 8mm, soit une section de 168mm² hors du transformateur et 112mm² dans le transformateur. Il y a 5 pièces hors transformateur et 6 pièces dans le transformateur pour former 3 spires.
- (6) Les deux spires au secondaire s'enroulent autour du noyau, elles ont une largeur de 21mm hors du transformateur et de 14mm dans le transfo, l'épaisseur d'une spires est de 12mm, soit une section de 252mm² hors du transformateur et 168mm² dans le transformateur. Il y a 3 pièces hors transformateur et 4 pièces dans le transformateur pour former 2 spires.
- (7) <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/15/14/64/PDF/Chainarong.pdf>
- (8) Les quatre spires au secondaire s'enroulent autour du noyau, elles ont une largeur de 21mm hors du transformateur et de 14mm dans le transfo, l'épaisseur d'une spires est de 6mm, soit une section de 126mm² hors du transformateur et 84mm² dans le transformateur. Il y a 7 pièces hors transformateur et 8 pièces dans le transformateur pour former 4 spires.
- (9) http://www.technick.net/public/code/cp_dp.php?aiocp_dp=util_inductance_rectangle
- (10) <http://www.eeweb.com/toolbox/rectangle-loop-inductance>

=====

=====