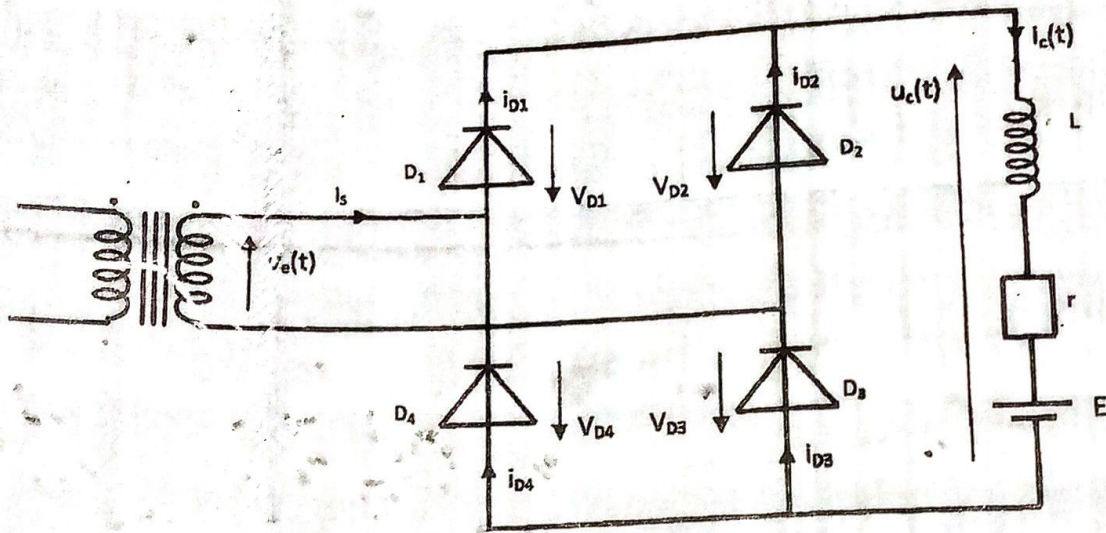


PARTIE 2 : ELECTRONIQUE DE PUISSANCE (20 points)

Le pont de graëtz de la figure ci-dessous est alimenté en monophasé par une tension sinusoïdale $v(t) = V_m \sin \omega t$ de valeur efficace $V = 230V$ et de fréquence de rotation $f = 50Hz$. La charge est un moteur à courant continu dont la f.c.é.m E est liée à la fréquence de rotation ($E = kN$ avec N en tr/min). A vide $E = \frac{\sqrt{3}}{2} V_m$ pour une vitesse de 1600 tr/min. Le courant est lissé par une bobine B que l'on suppose parfaite. Le moteur présente une résistance interne $r = 1,5\Omega$.



1-L'inductance n'est pas suffisamment grande pour que la conduction soit continue dans le moteur. Dans ce cas l'angle de conduction d'une diode vaut 120° .

1-1-Calculez l'angle d'ouverture du pont. (2points)

1-2-Après avoir déterminé les intervalles de conduction des redresseurs sur une période, représentez les courbes de $u_c(t)$, et $i_c(t)$ (6points).

2-On suppose que l'inductance est suffisamment grande pour que l'intensité i_c du courant dans le moteur puisse être considérée comme constante et égale à sa valeur moyenne. La chute de tension résistive vaut 10% de la valeur moyenne de la tension $u_c(t)$.

Calculez:

2-1-La valeur de l'intensité du courant traversant le moteur. (2points)

2-2-L'intensité efficace du courant i_s au secondaire du transformateur. (2points)

2-3-L'intensité moyenne $i_{D1, moy}$ et efficace i_{D1} du courant de la diode D_1 . (4points)

2-4-La fréquence de rotation N du moteur en tr/min. (2points)

6702

PARTIE 2 : Electronique de puissance (20 points)

REDRESSEMENT COMMANDE

Un pont redresseur à quatre thyristors, alimentant un moteur à courant continu, délivre une tension redressée $u(\theta)$ dont la valeur moyenne notée U_{moyen} est de 120V, lorsque l'angle de retard à la conduction α vaut 30° .

1- Ce pont redresseur est alimenté par une tension sinusoïdale de la forme $v(t) = V_M \sin \theta$ et le moteur est constitué d'une force contre-électromotrice E et d'une résistance d'induit R .

1.1) Calculer l'amplitude de la tension $v(t)$. (3 pts)

1.2) En déduire le rapport de transformation (m) du transformateur alimentant le pont si le primaire est relié au réseau CIE 230V-50HZ. (3 pts)

1.3) Construire $u(\theta)$. (4 pts)

2- Le courant dans le moteur est supposé constant. La chute de tension résistive d'induit vaut 10% de U_{moyen} et la résistance d'induit est égale à $0,5\Omega$.

2.1) Construire le graphe du courant i' débité par le secondaire du transformateur. (3 pts)

2.2) Calculer la valeur efficace du courant i' débité par le secondaire du transformateur. (3 pts)

2.3) Calculer : (4 pts)

- La puissance apparente au secondaire du transformateur.
- Le facteur de puissance du redresseur.

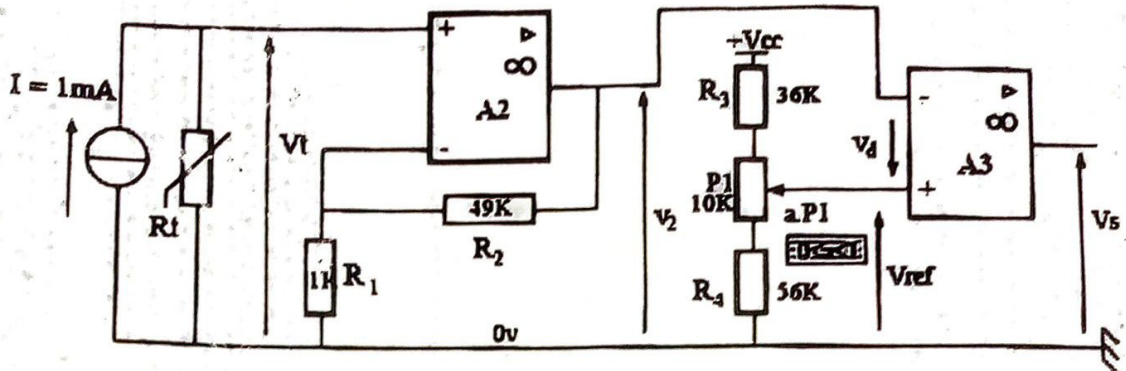
6 x 0 1

3^{ème} PARTIE ELECTRONIQUE DE COMMANDE (20 points) : Thermostat électrique

Le montage suivant réalise un thermostat électronique. Il est utilisé pour réaliser la commande d'un chauffage. La température de consigne, à partir de laquelle le chauffage est activé, est réglable par un potentiomètre (P1).

La mesure de la température est réalisée par une sonde dont la résistance varie proportionnellement à la température. Les AOP sont considérés comme parfaits et sont alimentés entre +10 v et 0 v. $V_{cc} = 10$ v

Schéma de principe



La sonde de température est une résistance dont la valeur R_t est régie par la formule :

$$R_t = R_0(1 + \alpha \cdot T)$$

R_0 désigne la valeur de la résistance pour une température de 0°C ; $R_0 = 100 \Omega$

α est le coefficient de température du capteur ; $\alpha = 0,01 / ^\circ\text{C}$. T désigne la température exprimée en $^\circ\text{C}$.

1 – Conversion température / tension

1-1 - Calculer la valeur de la résistance du capteur R_t pour les températures 0°C et 100°C :

1-2 - Etablir l'expression littérale de V_t en fonction de R_t et de I :

1-3 - Calculer V_t pour les températures 0 et 100°C .

2 – Etude du montage réalisé par l'AOP A2

2-1 - Préciser le régime de fonctionnement de l'AOP repéré A2 (justifier votre réponse). Donner le nom du montage réalisé .

2-2 - Etablir l'expression littérale de V_2 en fonction de V_t et des résistances R_1 et R_2 .

2-3 - Calculer l'amplification $A = V_2 / V_t$: $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$ et $R_2 = 49 \text{ K}\Omega$

2-4 - Calculer V_2 à 0°C et à 100°C .

3 – Génération d'une tension de référence

3-1 - Etablir l'expression littérale de V_{ref} en fonction de V_{cc} , R_3 , R_4 , P1 et a .

3-2 - Calculer les valeurs min. et max. de V_{ref} pour les positions extrêmes du curseur de P1.

4 – Etude du montage réalisé par l'AOP A3

4-1 - Donner le nom du montage réalisé par l'AOP repéré A3 .

4-2 - Quelle sera la valeur de la tension V_s si :

- T mesurée $>$ T consigne ;

- T mesurée $<$ T consigne ?

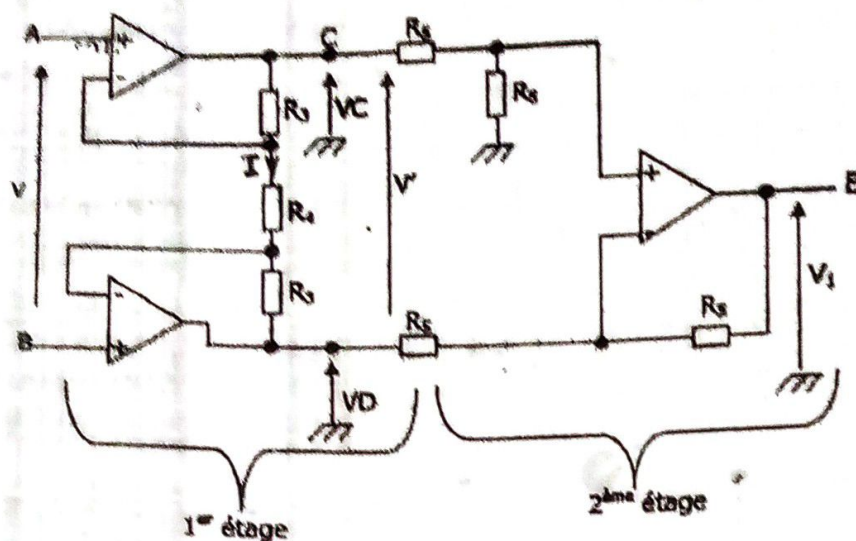
4-3 - Pour quelle valeur de V_s le chauffage devra-t-il être activé ?

4-4 - Déduire des résultats précédents (par calcul) les températures de consigne qu'il est possible de régler.

PROBLEME 3: ELECTRONIQUE ANALOGIQUE (20 POINTS)

Exercice n°1

Dans le montage suivant, les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits :



I- Quel est le régime de fonctionnement des amplificateurs opérationnels ?
Justifiez votre réponse.

II- 1^{er} étage

- 1) Exprimez l'intensité du courant I traversant R_4 en fonction de V et R_4 , puis en fonction de V' , R_3 et R_4 .
- 2) En déduire la relation entre V' et V .

III- 2^{ème} étage

- 1) Exprimez V_1 en fonction de V_C et V_D .
- 2) En déduire la relation entre V_1 et V' .

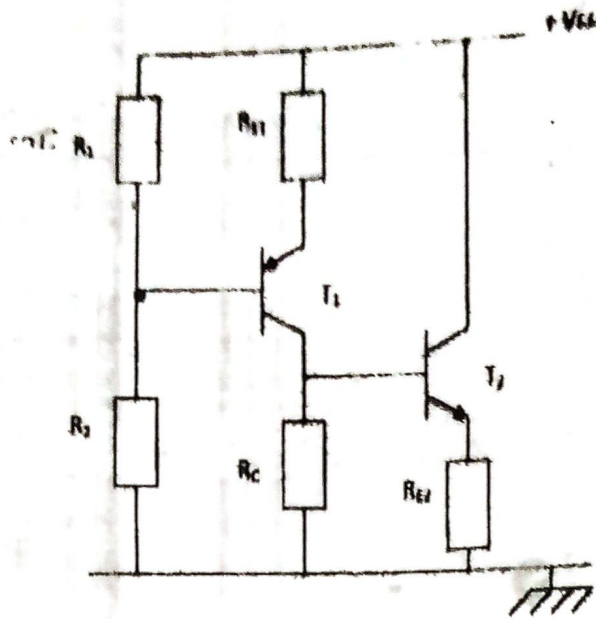
IV- Ensemble complet

On pose $V_1 = A_V \cdot V$

- 1) Explicitez le coefficient d'amplification A_V .
- 2) On donne $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, calculez R_4 pour obtenir $A_V = 5$.

Exercice 2

On considère le montage suivant :



On donne les grandeurs suivantes : $V_{CC} = 12 \text{ V}$; $R_1 = 22 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$;
 $R_C = 3,3 \text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 1,6 \text{ k}\Omega$.

On donne également les grandeurs des transistors.

T_1 : $I_{C1} = 2 \text{ mA}$; $\beta_1 = 100$; $V_{BE1} = -0,112 \text{ V}$; T_2 : $I_{C2} = 3 \text{ mA}$; $\beta_2 = 60$

- 1) Justifiez le type de transistor de T_1 et T_2 .
- 2) Calculer la valeur de la résistance R_{E1} ;
- 3) Calculer la valeur de la tension continue V_{CE1} de T_1 ;
- 4) Calculer la valeur de la tension continue V_{BE2} de T_2 ;
- 5) Calculer la valeur de la tension continue V_{CE2} de T_2 .

Partie 2 EXO1:

1. Conduction discontinue

1.1) Angle d'ouverture
1^{er} méthode

les diodes ont une conduct^e naturelle de 180°

Alors $\theta = 180^\circ - 120^\circ$

$\theta = 60^\circ$

2^e méthode

$v(t) = E$ à l'ouverture du pont

$v_m \sin \omega t = E$ avec $\omega t = \theta$

$v_m \sin \theta = E = \frac{\sqrt{3}}{2} v_m$

$\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\theta = \frac{\pi}{3} = 60^\circ$

pour le pont est ouvert pendant 60°

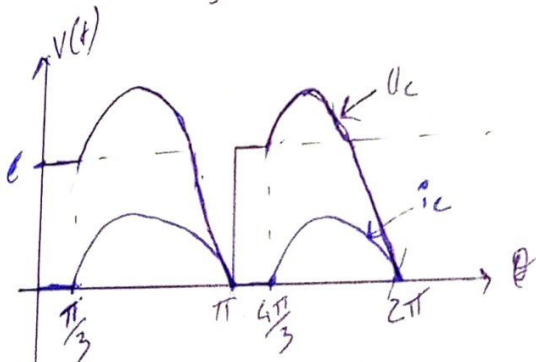
1.2) interval et grapho de u_c et i_c

- de 0 à 60° : pas de conduction

- $\frac{\pi}{3}$ à π : D_1 et D_3 conduit
 D_2 et D_4 bloqué

- π à $\frac{4\pi}{3}$: pas de conduction (D_1, D_2, D_3, D_4 bloqué)

- $\frac{4\pi}{3}$ à 2π : D_2 et D_4 conduisent
 D_3 et D_1 bloqué



2. Conduction continue

2.1) intensité I_c

$\bar{U}_c = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{3} \times 230}{\pi}$

$\bar{U}_c = 207,073 \text{ V}$

$10\% \bar{U}_c = V I_c \Rightarrow I_c = \frac{10\% \bar{U}_c}{V}$

$= \frac{10\% \times 207,073}{1,5}$

$I_c = 13,805 \text{ A}$

2.2) i_{eff}

$i_{\text{eff}} = I_c = 13,805 \text{ A}$

2.3) $\bar{I}_{b1} = \frac{I_c}{2} = \frac{13,805}{2}$

$\bar{I}_{b1} = 6,903 \text{ A}$

$I_{\text{eff}} = \frac{I_c}{\sqrt{2}} = \frac{13,805}{\sqrt{2}}$

$I_{\text{eff}} = 9,762 \text{ A}$

2.4)

$N_0 \rightarrow E_0 \Rightarrow N = \frac{N_0 \times E}{E_0}$; $E_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} v_m$

$N \rightarrow E$

On a:

$\bar{U}_c = L \frac{di}{dt} + R I_c + E$

$\bar{U}_c = R I_c + E \Rightarrow E = \bar{U}_c - R I_c$

$= 207,073 - 1,5 \times 13,805$

$= 207,073 - 20,7075$

$E = 186,366 \text{ V}$

$N = \frac{1600 \times 186,366}{\frac{\sqrt{3}}{2} \times 230\sqrt{2}} = 1058,554 \text{ tr/min}$

Exercice 2

1/

1.1) l'amplitude de $V(t)$

on sait que $\bar{U}_c = 120 \text{ V}$

$$\text{or } \bar{U}_c = \frac{2V_m \cos \alpha}{\pi} ; \alpha = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$

$$2V_m \cos \alpha = \bar{U}_c \pi$$

$$V_m = \frac{\bar{U}_c \pi}{2 \cos \alpha}$$

$$= \frac{120 \times \pi}{2 \times \cos\left(\frac{\pi}{6}\right)}$$

$$\boxed{V_m = 217,656 \text{ V}}$$

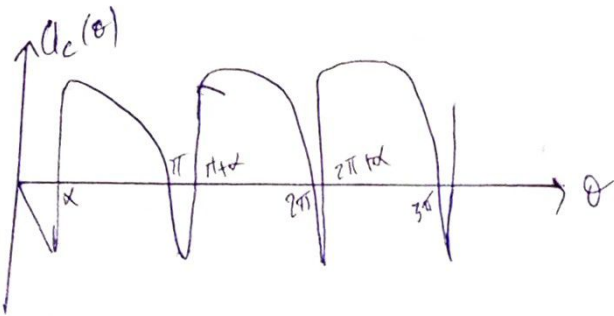
1.2)

$$m = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{or } V_2 = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

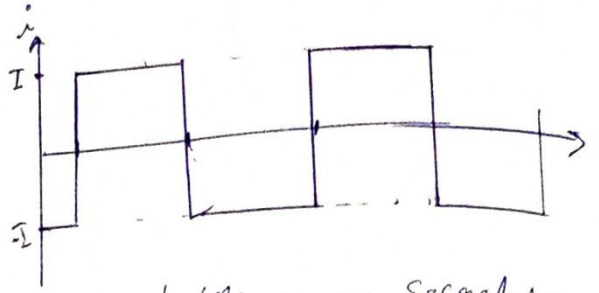
$$m = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{2}}}{V_1} = \frac{V_m}{\sqrt{2} V_1} = \frac{217,656}{\sqrt{2} \times 230}$$

$$\boxed{m = 0,669}$$

1.3) construction de $U(\theta)$



2/ 2.1) construction de i'



courant efficace au secondaire
2.2) courant moyen dans la charge

$$10\% \bar{U}_c = R \bar{I}_c$$
$$\bar{I}_c = \frac{10\% \bar{U}_c}{R} = \frac{0,1 \times 120}{0,5}$$
$$\bar{I}_c = 24 \text{ A}$$

$$\boxed{I_{\text{seff}} = \bar{I}_c = 24 \text{ A}}$$

2.3)

* puissance apparente.

$$S = U_2 i'$$
$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times i'$$
$$= \frac{217,656}{\sqrt{2}} \times 24$$

$$\boxed{S = 3693,745 \text{ VA}}$$

* facteur de puissance

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{avec } P = \bar{U}_c \times \bar{I}_c$$
$$P = 120 \times 24 = 2880 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = \frac{2880}{3693,745}$$

$$\boxed{\cos \varphi = 0,780}$$

puissance

Exercice 1

1/

$$R_t = R_0(1 + \alpha T)$$

à $0^\circ\text{C} \rightarrow R_0 = 100$

à OC : $R_t = 100(1 + 0)$
 $R_t = 100 \Omega$

à $100^\circ \rightarrow R_t = 100(1 + 100 \times 0,1)$
 $R_t = 200 \Omega$

1.2) expression $V_t = f(R_t; I)$

$$V_t = R_t \times I$$

1.3) Calculons V_t

à $T = 0^\circ\text{C}$

$$V_t = 100 \times 1 \cdot 10^{-3}$$

$$V_t = 0,1 \text{ V}$$

à $T = 100^\circ\text{C}$

$$V_t = 200 \times 1 \cdot 10^{-3}$$

$$V_t = 0,2 \text{ V}$$

2/

2.1)

L'ADP est en régime linéaire du fait de la boucle de contre réaction négative.

C'est un montage non inverseur.

2.2)

$$E = 0 \Rightarrow V^+ = V^-$$

$$V^+ = V_t \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_2 R_1}{R_1 + R_2} = V_t \\ V_2 R_1 = V_t (R_1 + R_2) \\ V_2 = \frac{V_t (R_1 + R_2)}{R_1} \end{array} \right.$$

$$V_2 = V_t + \frac{V_2 R_2}{R_1}$$

$$V_2 = V_t \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

2.3) Calculons l'amplification

$$A = \frac{V_2}{V_t} = \frac{V_t \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)}{V_t}$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$= 1 + \frac{49}{1}$$

$$A = 50$$

2.4) Calculons V_2 à 0°C et 100°C

$$V_2 = V_t \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

à OC : $V_2 = 0,1 \left(1 + \frac{49}{1} \right)$

$$V_2 = 5 \text{ V}$$

à 100°C :

$$V_2 = 0,2 \left(1 + \frac{49}{1} \right)$$

$$V_2 = 10 \text{ V}$$

3)

3.1)

$$V_{reg} = \frac{V_s (R_2 + \alpha R_1)}{R_2 + R_1 + R_3}$$

3.2)

$0 < \alpha < 1$

* V_{reg} min et max

Pour $\alpha = 0$

$$V_{reg} = 10 \left(\frac{56}{56 + 36 + 10} \right)$$

$$\boxed{V_{reg} = 5,49 \text{ V}}$$

Pour $\alpha = 1$

$$V_{reg_{max}} = 10 \left(\frac{56 + 10}{56 + 36 + 10} \right)$$

$$\boxed{V_{reg_{max}} = 6,47 \text{ V}}$$

4)

4.1) L'AOP A3 réalise un montage simple inverseur

4.2) $V_d \neq 0$ $V^+ - V^- \neq 0$ or $V^+ = V_{reg}$
 $V^- = V_2$

$$\boxed{V_d = V_{reg} - V_2 \neq 0}$$

Pour $V_2 > V_{reg} \Rightarrow V_s = -V_{sat} = 0$

Pour $V_2 < V_{reg} \Rightarrow V_s = +V_{sat} = 10 \text{ V}$

• Si $T_{mesure} > T_{consigne}$

$$\boxed{V_s = 0 \text{ V}}$$

• Si $T_{mesure} < T_{consigne}$

$$\boxed{V_s = 10 \text{ V}}$$

4.3)

$$\begin{aligned} V_{reg} = V_2 & \Rightarrow A V_f \\ & = A R_f \cdot I \\ & = A I R_o (1 + \alpha T) \\ & = A I R_o + A I \alpha T \end{aligned}$$

\Rightarrow

4.3) Le chauffage est actif lorsque

$$\boxed{V_s = 10 \text{ V}}$$

4.4)

$$V_{reg} = V_2 \text{ pour } T_{consigne}$$

$$\begin{aligned} V_{reg} = V_2 & = A \cdot V_f \\ & = A R_f \cdot I \quad ; R_f = R_o (1 + \alpha T) \end{aligned}$$

$$V_{reg} = A I R_o (1 + \alpha T)$$

$$\Rightarrow 1 + \alpha T = \frac{A I R_o}{V_{reg}}$$

$$1 + \alpha T = \frac{V_{reg}}{A I R_o}$$

$$\alpha T = \frac{V_{reg}}{A I R_o} - 1$$

$$\alpha T = \frac{V_{reg} - A I R_o}{A I R_o}$$

$$T = \frac{V_{reg} - A I R_o}{\alpha (A I R_o)}$$

$$T_{\text{max}} = \frac{6,47 - (50 \times 100 \times 1 \cdot 10^{-3})}{0,01 \times 50 \times 100 \times 1 \cdot 10^{-3}}$$

$$T_{\text{max}} = 29,4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{min}} = \frac{5,49 - (50 \times 100 \times 1 \cdot 10^{-3})}{0,01 \times 50 \times 100 \times 1 \cdot 10^{-3}}$$

$$T_{\text{min}} = 9,8^{\circ}\text{C}$$

$$9,8^{\circ}\text{C} < T < 29,4^{\circ}\text{C}$$