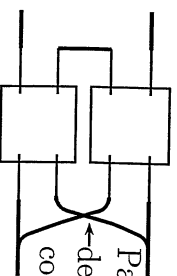


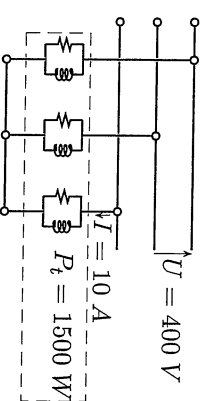
1) Circuits électriques monophasés

Deux transformateurs identiques sont connectés comme indiqué sur le dessin. Montrer que le dispositif correspondant est un transformateur dont on exprimera les paramètres en fonction de ceux des transformateurs.



2) Circuits électriques triphasés

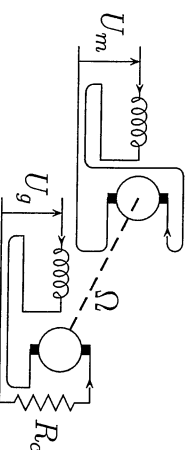
Une ligne triphasée (tension de ligne $U = 400\text{ V}$) délivre une puissance active de $P_i = 1500\text{ W}$ à une charge triphasée en étoile dont les éléments sont composés d'une résistance r et d'une inductance l disposées en parallèle. Le courant de phase dans la charge est $I = 10\text{ A}$.



Quelles sont les valeurs de r et l (ω la pulsation) ?

3) Convertisseur électromécanique

Deux machines à courant continu identiques (mêmes résistances d'inducteur r , d'induit R et coefficient k) sont accouplées mécaniquement comme sur le schéma (elle tournent à la même vitesse angulaire Ω).



Électriquement elles sont connectées : en série pour la première (celle du haut) ; et encore en série mais à l'envers (anti-série) pour l'autre avec insertion d'une charge résistive R_c dans le circuit. Et elles sont alimentées par des tensions données U_m et U_g .

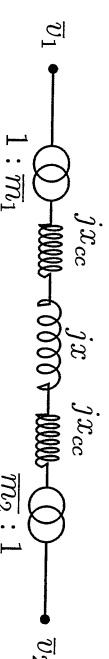
Pour les trois questions on pourra se limiter au cas $U_g \leq U_m$. a) Trouver le ou les points de fonctionnement de l'ensemble ; i.e. la vitesse Ω en fonction des données ($R > 0$, $r > 0$, $k > 0$, $U_m > 0$, $U_g > 0$ et $R_c > 0$) ; b) Que peut-on dire de la stabilité du ou des points de fonctionnement ? Justifier la réponse ; c) Donner l'expression du rendement (la puissance intéressante est celle qui est dissipée dans la charge) à tous les points de fonctionnement. Que peut-on dire de l'efficacité du dispositif ?

4) Moteur asynchrone

On considère un moteur asynchrone de 6 pôles, de tension de phase $V_N = 230\text{ V}$, de fréquence 50 Hz , de puissance nominale $P_N = 10\text{ kW}$, de vitesse nominale $\Omega_N = 960\text{ tr}/\text{mn}$, de $\cos \varphi_N = 0.75$, de rendement $\eta_N = 80\%$ et $g_m = 0.1$.

- Calculer le couple nominal Γ_N , le courant nominal I_N .
- Le moteur alimenté à sa tension nominale une charge, dont le couple varie en fonction de la vitesse en $\beta\Omega^2$ (β constant). Ce couple vaut 50 N.m à $1000\text{ tr}/\text{mn}$. Calculer la vitesse de fonctionnement.
- On souhaite faire fixer la vitesse de l'ensemble moteur-charge à $950\text{ tr}/\text{mn}$, en faisant varier la tension d'alimentation (la fréquence reste fixe). Calculer cette tension d'alimentation.

5) Réseaux Electriques



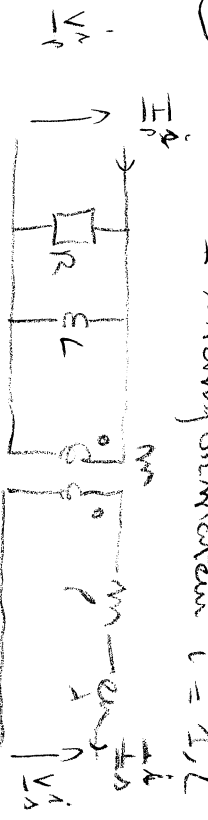
Les points 1 et 2 du réseau ont pour tension simple $\bar{v}_1$ et $\bar{v}_2$ (imposées). Ils sont reliés par une ligne d'impédance jx , et deux transformateurs (de rapport de transformation $\bar{m}_1$ et $\bar{m}_2$ et d'impédance de court-circuit jx_{cc}).

- calculer la puissance $\bar{s}_{12}$ au point 1 (vers le point 2).
- proposer deux solutions pour l'augmenter.
- Refaire le calcul en insérant un condensateur C entre le point 1 et le transformateur.

Devoir libre autoévalué

- il est conseillé de le travailler semaine 21 ;
- la correction sera mise en ligne le 29 mai
- il est conseillé de le retravailler semaine 22

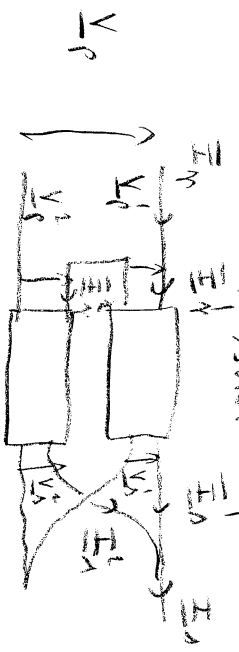
① Pour la transformation $i = 1, L$



$$\underline{I}_N^i = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{jL\omega} \right) \underline{V}_N^i + m \underline{I}_D^i \quad ①$$

$$m \underline{V}_N^i = (p + j\lambda\omega) \underline{I}_D^i + \underline{V}_D^i \quad ②$$

les courants Δm



$$\underline{V}_N = \underline{V}_N^i + \underline{V}_N^2 ; \underline{I}_N = \underline{I}_N^i + \underline{I}_N^2$$

$$\underline{V}_D = \underline{V}_D^i = \underline{V}_D^2 ; \underline{I}_D = \underline{I}_D^i + \underline{I}_D^2$$

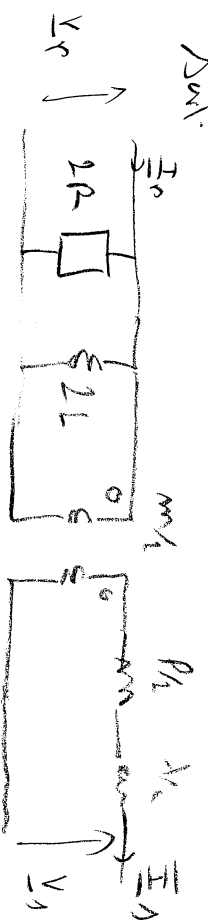
d'où avec $\left(\left| \textcircled{2} \text{ pour } i=1 \right| + \left| \textcircled{1} \text{ pour } i=2 \right| \right) L$

$$\underline{I}_N = \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{j(2L)\omega} \right) \underline{V}_N + \frac{m}{2} \underline{I}_D$$

$$\text{d'où } \left\{ \textcircled{2} \text{ pour } i=1 \right\} + \left\{ \textcircled{1} \text{ pour } i=2 \right\}$$

$$\frac{m}{2} \underline{V}_N = \left(\frac{R}{2} + j \frac{\lambda\omega}{2} \right) \underline{I}_D + \underline{V}_D$$

Donc:

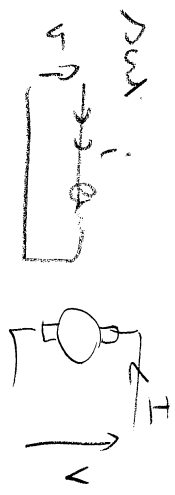


① 400 V entre phases $\rightarrow$ 230 V entre phases

de neutre $\rightarrow$ 1500 W au total $\rightarrow$ 500 W

par phase. C'est l'essai de R. de 4m1

③ les eq. de la n.c. à excitation indépendante

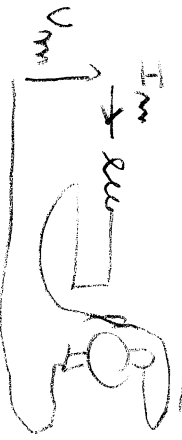


$$V = R I + L \frac{dI}{dt}$$

$$V = R I + L \frac{dI}{dt}$$

$$P = R I^2$$

Pour la machine 1



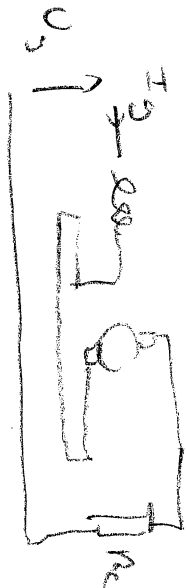
$$V_m = (R + R_s + R_{s2}) I_m$$

$$P = R I_m^2$$

$$= \frac{V_m^2}{R}$$

$$\text{avec } R_m = \frac{R + R_s}{2}$$

Pour la machine 1



$$U_g = U - V + R_e I_g$$

$$U_g = (r + R + R_e - R_n) I_g$$

$$P_g = -R I_g^2 = -\frac{U_g^2 / R}{(r_g - r)^2}$$

$$P_{me} \rightarrow r_g = r_m + \frac{R_e}{R} > r_m$$

$$a) \text{ les 2 machines fournissent à la même vitesse } r; \text{ celle-ci est constante lorsque les couples se compensent. Vite}$$

$$P_m + P_g = 0$$

$$\rightarrow \left(\frac{r_g - r_m}{r + r_m} \right)^2 = \left(\frac{U_g}{U_m} \right)^2 = \alpha^2$$

$$\frac{U_g}{U_m} = \alpha > 0$$

$$\rightarrow r_g = r_m + \frac{R_e}{R} > r_m$$

$$P_m + P_g = 0$$

$$\rightarrow \left(\frac{r_g - r_m}{r + r_m} \right)^2 = \left(\frac{U_g}{U_m} \right)^2 = \alpha^2$$

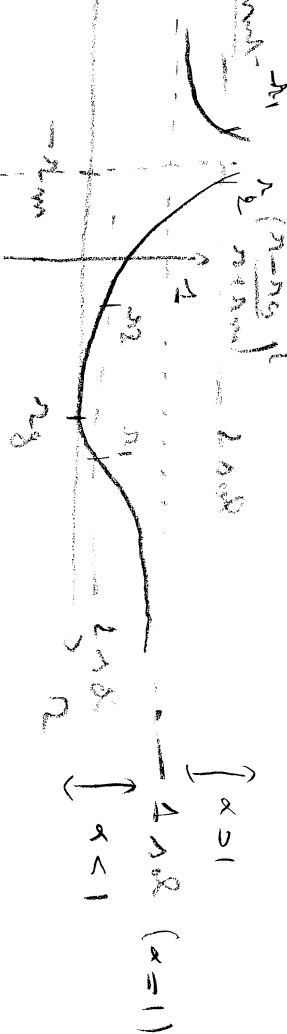
$$\rightarrow r_g = r_m + \frac{R_e}{R} \alpha$$

$$\rightarrow \frac{r_g - r_m}{r + r_m} = \alpha$$

$$= r_m$$

$$r_g = r_m + \frac{R_e}{R} \alpha \text{ ou } r_g = r_m + \frac{R_e - r_m \alpha}{1 + \alpha}$$

Graphiquement



$$b) \frac{d r_g}{d \alpha} = P_m + P_g = \frac{U_m^2}{R} \left[\frac{1}{(r_m + r)^2} - \frac{\alpha^2}{(r_g - r)^2} \right]$$

on détermine la vitesse

$$d r_g = r_m + r$$

$$\frac{d r_g}{d \alpha} = \frac{U_m^2}{R} \left[\frac{1}{(r_m + r)^2} - \frac{\alpha^2}{(r_g - r)^2} \right]$$

$$= \frac{U_m^2}{R} \left[\frac{1}{(r_m + r)^2} - \frac{\alpha^2}{(r_g - r)^2} \right] = \frac{2 \alpha^2}{(r_g - r)^3} r$$

$$\text{Pour des cas de pto de pto} \left(\frac{r_g - r_m}{r_m + r} \right)^2 = \alpha^2$$

$d' \alpha$

$$25 \frac{d\lambda}{d\alpha} = - \frac{20 \alpha^2}{\lambda} \left[\lambda \log \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_0}{\lambda_m + \lambda_0} \right) \alpha + 1 \right] S \lambda$$

$$\lambda \alpha = 1, \quad \lambda_0 = \frac{\lambda_0 - \lambda_m}{\alpha}$$

$$\alpha < 1 \quad \frac{d\lambda}{d\alpha} = - \frac{20 \alpha^2}{\lambda} \left[\lambda \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_m}{\lambda_m + \lambda_0} \right)^3 \right] S \lambda$$

$< 0 \Rightarrow$ la p^{te} de p^{te} est stable

$$\lambda \alpha < 1 \quad \frac{d\lambda}{d\alpha} \lambda_0 = \lambda_1 = \frac{\lambda_0 + \lambda_m \alpha}{1 - \alpha}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 - \lambda_1 = \frac{-\alpha}{(1-\alpha)} (\lambda_m + \lambda_0) < 0$$

$$\lambda_m + \lambda_0 = \frac{\lambda_0 + \lambda_m}{1 - \alpha} > 0$$

$$d' \alpha \quad 25 \frac{d\lambda}{d\alpha} = - \frac{20 \alpha^2}{\lambda} \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \alpha} \right)^3 (1 - \alpha) S \lambda$$

$$\lambda \alpha - \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right)^3 (\lambda_m + \lambda_0)^3 > 0$$

la p^{te} de p^{te} est instable

$$\alpha < 1 \quad \lambda_0 = \lambda_2 = \frac{\lambda_0 - \lambda_m \alpha}{1 + \alpha}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 - \lambda_2 = \frac{\alpha}{1 + \alpha} (\lambda_m + \lambda_0) > 0$$

$$\lambda_m + \lambda_0 = \frac{\lambda_m + \lambda_0}{1 + \alpha} > 0$$

$$d' \alpha \quad 25 \frac{d\lambda}{d\alpha} = - \frac{20 \alpha^2}{\lambda} \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha} \right)^3 \alpha (1 + \alpha) S \lambda$$

< 0 la p^{te} de p^{te} est stable

$$\lambda \alpha > 1 \quad \lambda_0 = \lambda_1$$

$$\lambda_0 - \lambda_1 > 0 \quad \lambda_m + \lambda_0 < 0$$

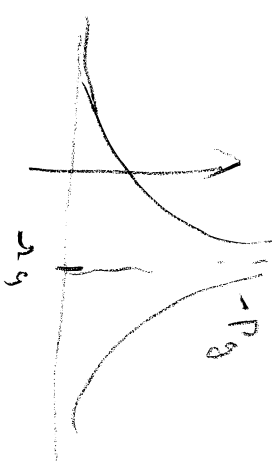
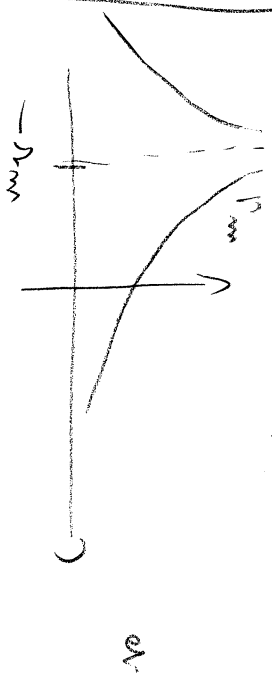
$\Rightarrow$ la p^{te} de p^{te} est instable

$$\lambda \alpha > 1 \quad \lambda_0 = \lambda_1$$

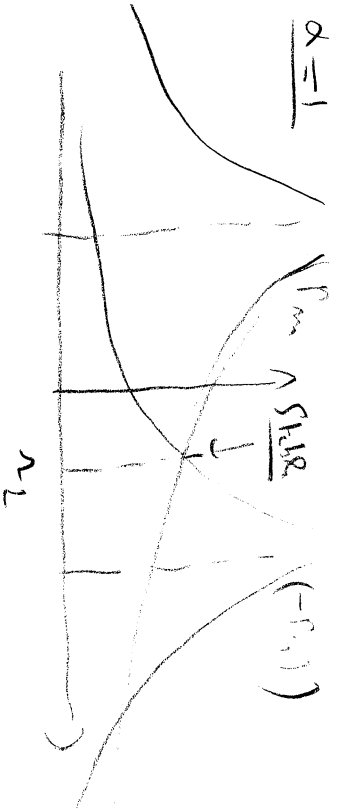
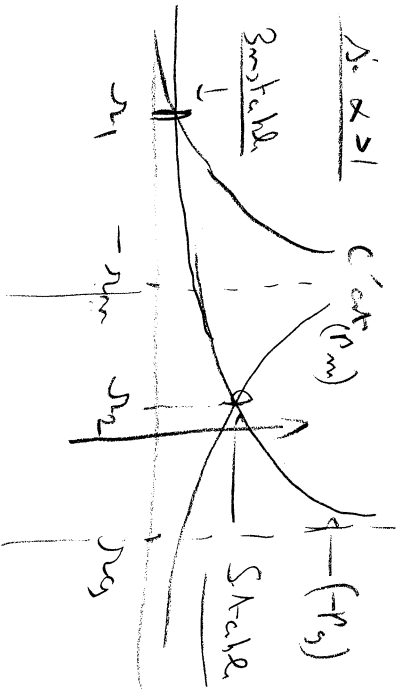
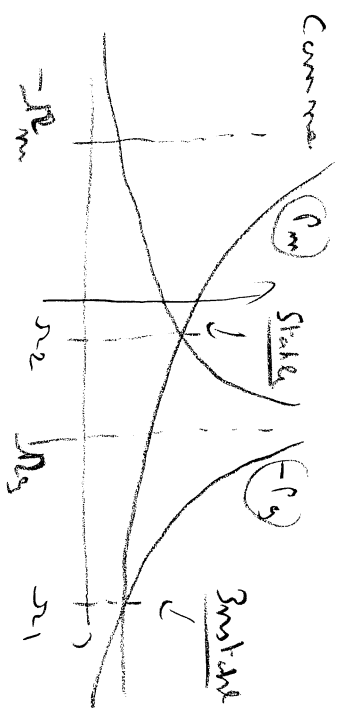
$$\lambda_0 - \lambda_1 > 0 \quad \lambda_m + \lambda_0 > 0$$

$\Rightarrow$ la p^{te} de p^{te} est stable

C'est un peu long. Le mien est de trouver la question
sympétriquement en prenant P_m comme couple milieu
et P_g comme couple de charge.



Si $\alpha < 1$ la courbe se courbe:



on se voit que la seule solution

est celle où

$$n_0 = n_2 = \frac{n_3 - n_m \alpha}{1 + \alpha}$$

c) le rendement est

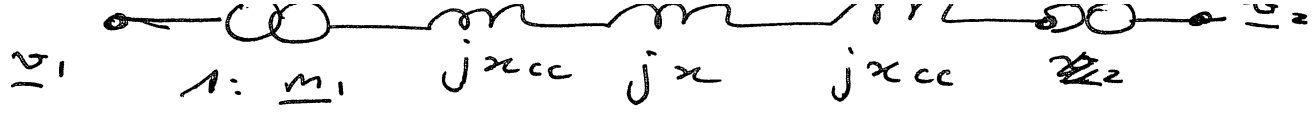
$$\eta = \frac{R_c U_g^2 / 2 (n_3 - n)^2}{(n + n + R_c) U_g^2 + \frac{(n + R_c) U_m^2}{2 (n_m - n)^2}}$$

$$\eta = \frac{R_c \alpha^2}{(n + n + R_c) \alpha^2 + (n + n) \left(\frac{n_3 - n}{n_m - n} \right)^2}$$

On voit que le rendement est plus élevé que celui de Cournot.

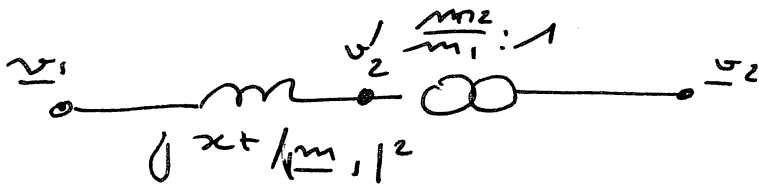
$$\Rightarrow \eta = \frac{R_c}{2(n + n) + R_c}$$

ce qui est évident car plus on a de machines, plus on a de rendement.



$$x_t = x + 2x_{cc}$$

$$\underline{v}_1 = V_1 e^{j\omega t} \quad \underline{v}_2 = V_2 e^{j\omega t}$$



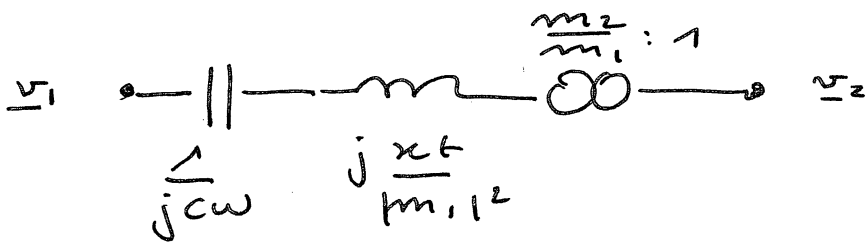
$$\underline{v}'_2 = \frac{m_2}{m_1} \underline{v}_2$$

$$\underline{S}_{12} = 3 \underline{v}_1 \left[\frac{\underline{v}_1 - \underline{v}'_2}{j\omega L / m_{1,1}^2} \right]^*$$

$$= 3 \underline{v}_1 (\underline{v}_1 - \frac{m_2}{m_1} \underline{v}_2)^* j \frac{m_{1,1}^2}{\omega L}$$

$$\underline{S}_{12} = j 3 \frac{m_{1,1} \underline{v}_1}{\omega L} (m_{1,1} \underline{v}_1 - m_2 \underline{v}_2)^*$$

$$\underline{S}_{21} = j 3 \frac{m_2 \underline{v}_2}{\omega L} (m_2 \underline{v}_2 - m_{1,1} \underline{v}_1)^*$$



$$\underline{S}_{21} = j 3 \frac{m_{1,1} \underline{v}_1}{\left(\frac{\omega L}{m_{1,1}^2} - \frac{1}{\omega} \right)} (m_{1,1} \underline{v}_1 - \frac{m_2}{m_1} \underline{v}_2)^*$$

$$P_N = 10 \text{ kW}$$

$$\Omega_N = 960 \text{ tr/min}$$

$$\cos \varphi_N = 0,75$$

$$\gamma = 80\% \quad g_m = 0,1$$

$$1) \Gamma_N = P_N / \Omega_N = 99,5 \text{ N}\cdot\text{m} \quad ; \quad P_e = \frac{P_N}{\gamma} = 12,5$$

$$S_N = \frac{P_e}{\cos \varphi} = 16,6 \text{ kVA}$$

$$I_N = \frac{S_N}{3 V_N} = 24,5 \text{ A}$$

$$2) \Gamma = \left(2 \frac{\Gamma_{\max}}{g_{\max}} \right) g = \alpha g \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\Gamma_N}{g_N} = \frac{99,5}{40/1000} = 2486$$

$$\Gamma_{ch} = \beta \Omega^2 \quad \beta \left(\frac{\omega}{p} \right)^2 = 50 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$f_m: \Gamma_m = \alpha g = \beta \left(\frac{\omega}{p} \right)^2 (1 - g)^2$$

$$g \approx \frac{\beta (\omega/p)^2}{\alpha + 2 \beta (\omega/p)^2} = \frac{50}{50 + 2486} = 1,9\%$$

$$\Omega = \frac{\omega}{p} (1 - g) = 980 \text{ tr/min}$$

$$3) \quad \alpha \left(\frac{V}{V_N} \right)^2 g = \beta \left(\frac{\omega}{p} \right)^2 (1 - 2g)^2 \quad \text{für } \tilde{\omega} = 950 \text{ tr/min}$$

$$g = \frac{50}{1000} \quad \Rightarrow \quad V = V_N \sqrt{\frac{\beta \left(\frac{\omega}{p} \right)^2 (1 - g)^2}{\alpha g}}$$

$$= 230 \sqrt{\frac{50 (1 - 0,05)^2}{2486 \cdot 0,05}}$$

$$V = 138 \text{ V}$$