

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Кафедра метрології та промислової автоматики

Тема дипломного проекту:
**“МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ
ДИНАМІЧНОГО МОМЕНТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ”**

Керівник проекту: к.т.н., доц.
О. М. Васілевський
Розробила: Н. В. Орлюк

Вінниця
ВНТУ
2015

Схема електрична структурна засобу вимірювання динамічного моменту

1

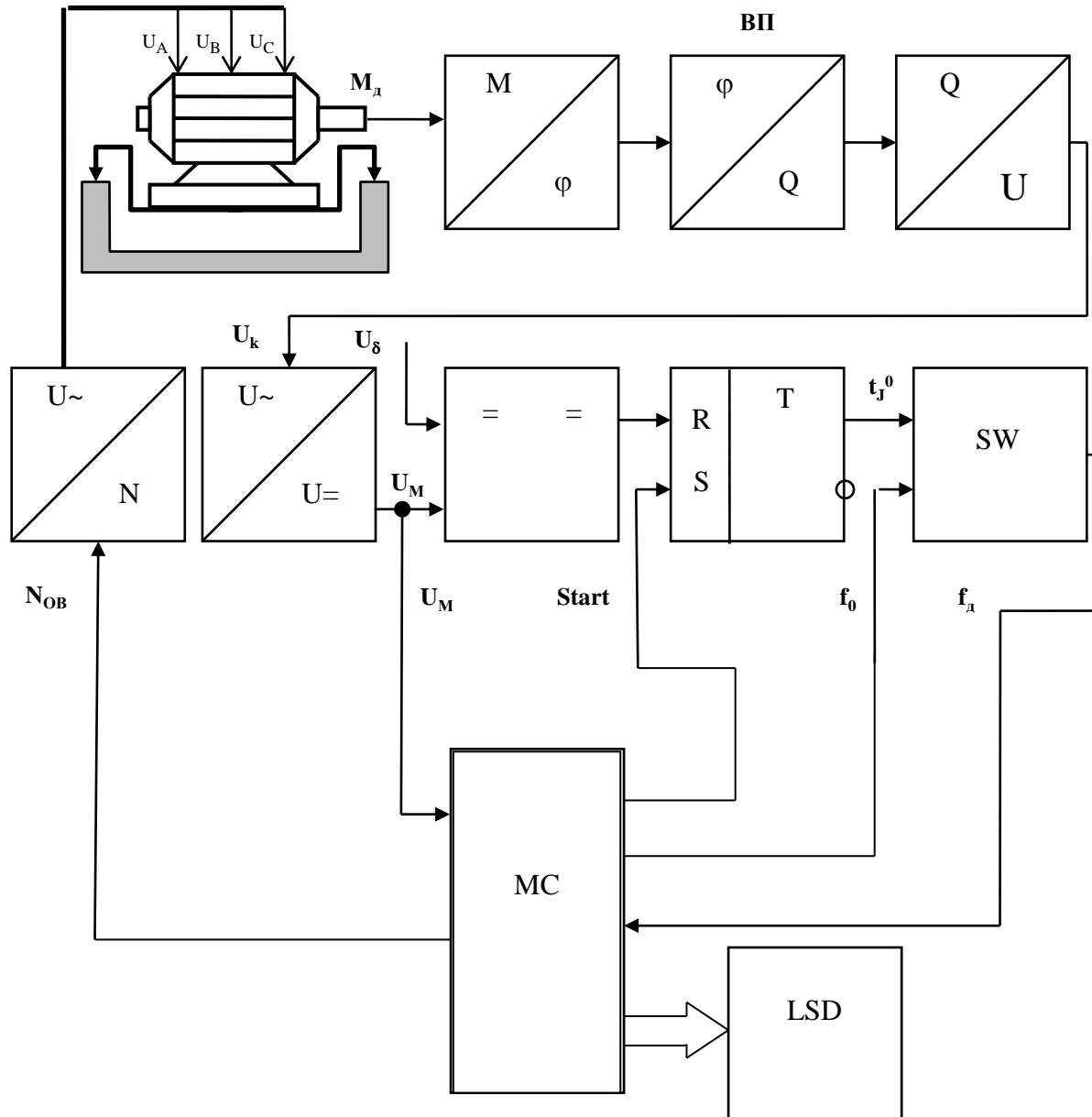
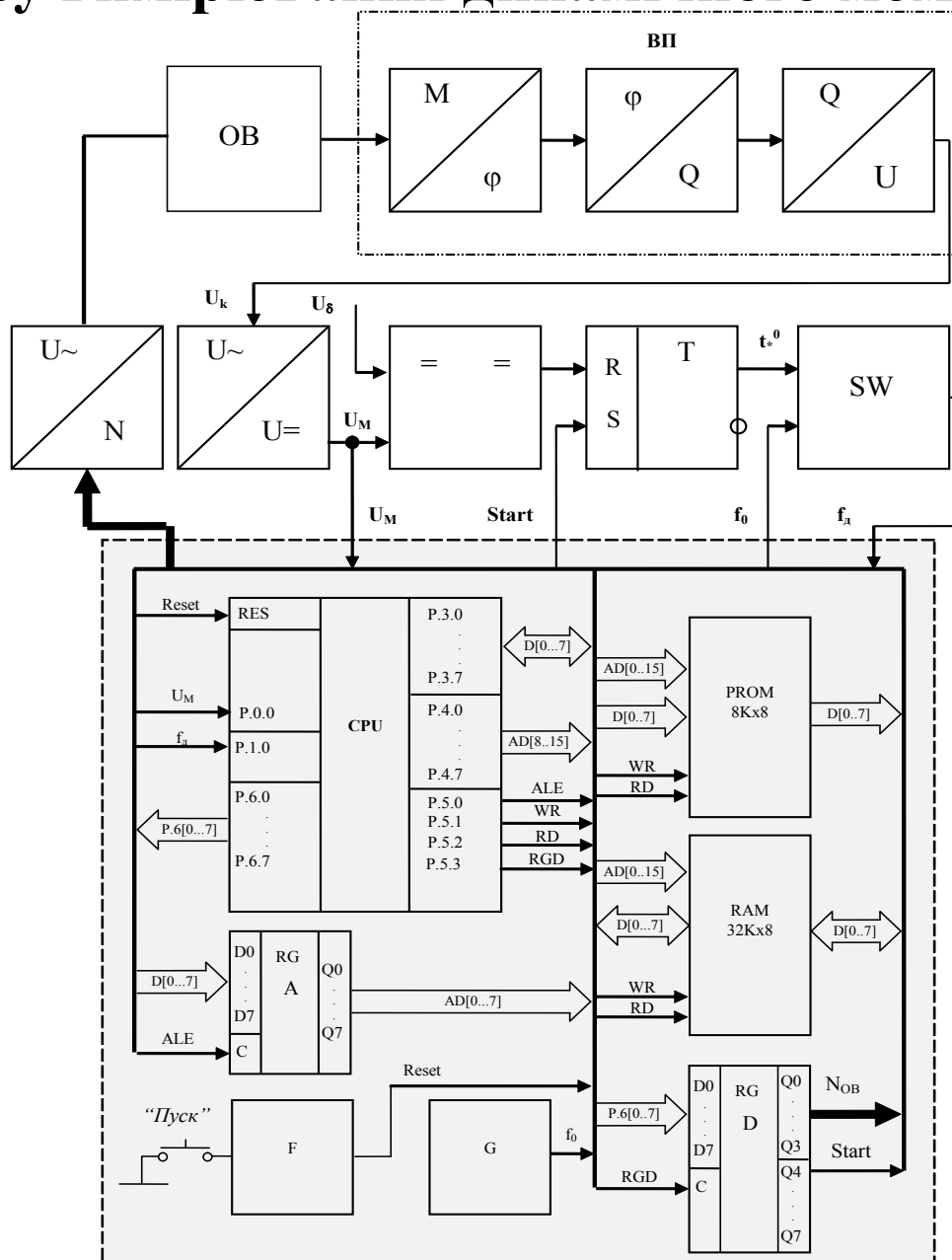
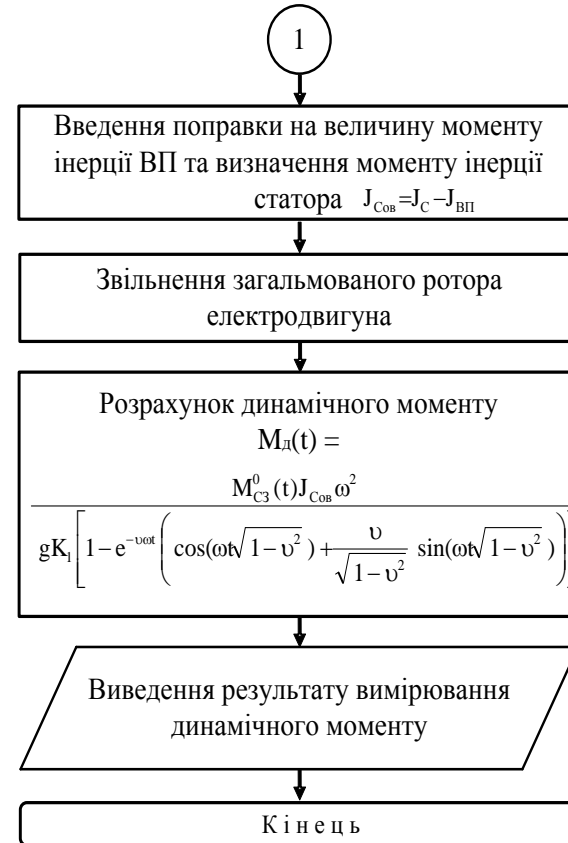
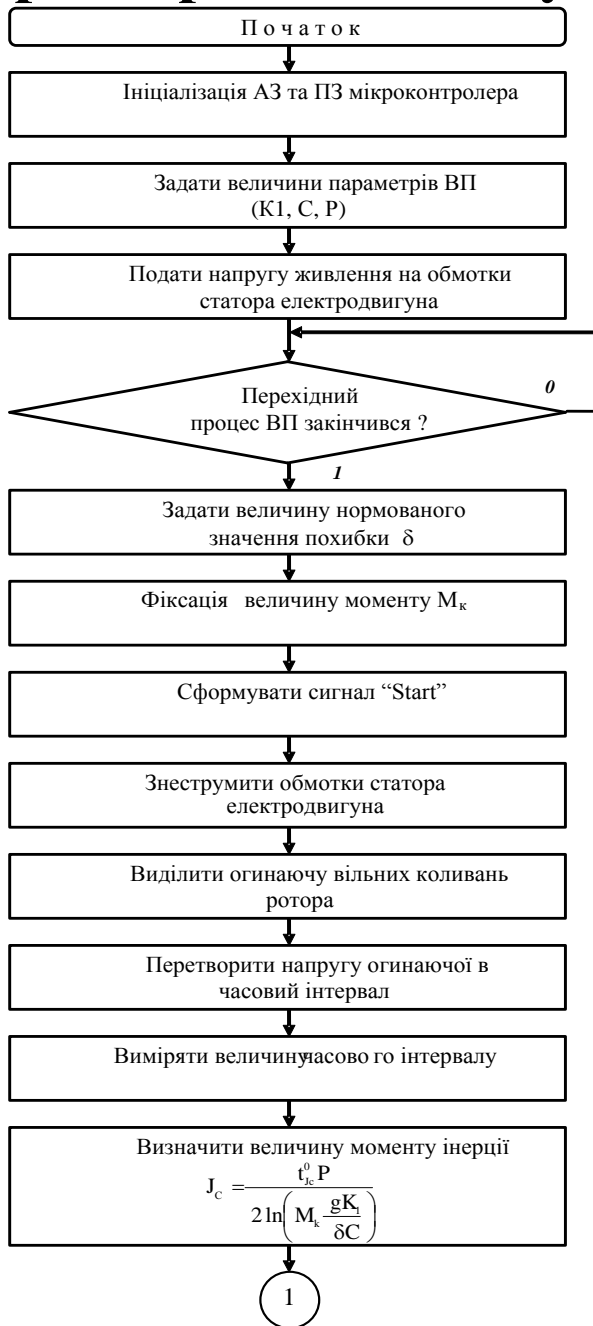


Схема електрична функціональна засобу вимірювання динамічного моменту

2



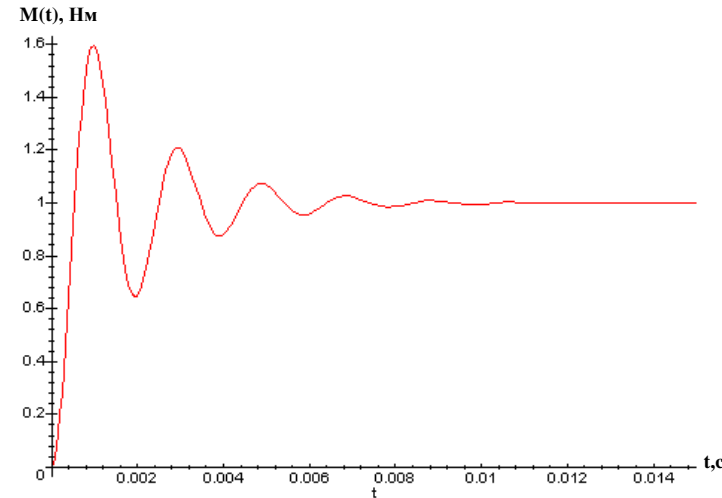
Алгоритм роботи засобу вимірювання динамічного моменту 3



Динамічні метрологічні характеристики засобу вимірювання 4

Перехідна характеристика

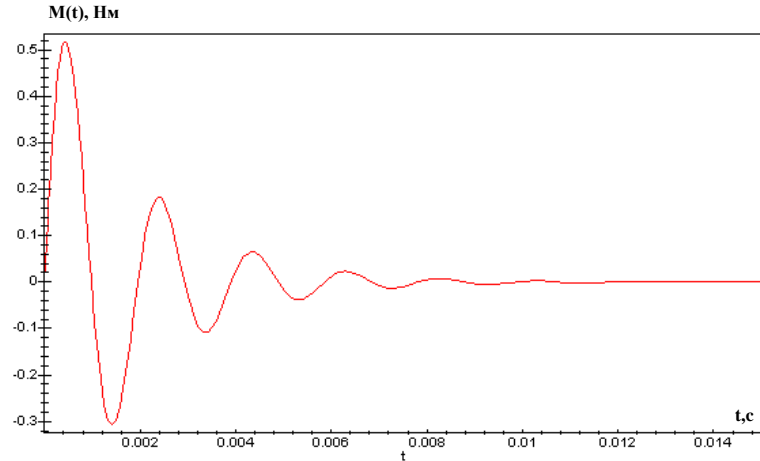
$$\begin{cases} M_{\dot{A}i}(t) = (T_s p h(t) + S \omega_r J) \left\{ \frac{1}{\gamma \cdot \omega_r J + T_s p} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{EM}}\right) \left(\cos(Ft) + \frac{1}{T_e \sqrt{F}} \sin(Ft) \right) \right] \right\} \\ M(t) = \frac{M_{\dot{A}i}(t)}{J \omega^2} \left\{ \left[1 - e^{-\varepsilon \omega t} \left(\frac{\varepsilon}{\sqrt{1-\varepsilon^2}} \sin(\sqrt{1-\varepsilon^2} \omega t) + \cos(\sqrt{1-\varepsilon^2} \omega t) \right) \right] \right\} \end{cases} \quad (1)$$



Перехідна характеристика засобу вимірювання

Імпульсна характеристика

$$\begin{cases} M_{EM}(t) = (T_s p \delta(t) + S \omega_r J) \left\{ \frac{1}{\gamma \cdot \omega_r J + T_s p} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{EM}}\right) \left(\cos(Ft) + \frac{1}{T_e \sqrt{F}} \sin(Ft) \right) \right] \right\} \\ M(t) = \frac{M_{EM}(t)}{J \sqrt{1-\varepsilon^2} \omega} \left\{ e^{(-\varepsilon \omega t)} \sin(\sqrt{1-\varepsilon^2} \omega t) \right\} \end{cases} \quad (2)$$



Імпульсна характеристика засобу вимірювання

Математичний апарат для оцінювання динамічної невизначеності засобу вимірювання динамічного моменту

Частотна характеристика засобу вимірювання динамічного моменту і квадрат модуля частотної характеристики

$$S(j\omega) = \frac{K}{-\omega^2 + j2v\omega_p\omega + \omega_p^2} \quad (3)$$

$$|S(j\omega)|^2 = \frac{K^2(\omega^4 + 4v^2\omega^2\omega_p^2 - 2\omega^2\omega_p^2 + \omega_p^4)}{\omega^8 + 4\omega^6\omega_p^2(2v^2 - 1) + 2\omega^4\omega_p^4(3 - 8v^2) + 8v^2\omega^2\omega_p^4(2v^2\omega^2 + \omega_p^2) - 4\omega^2\omega_p^6 + \omega_p^8} \quad (4)$$

Квадрат модуля спектральної функції вхідного сигналу

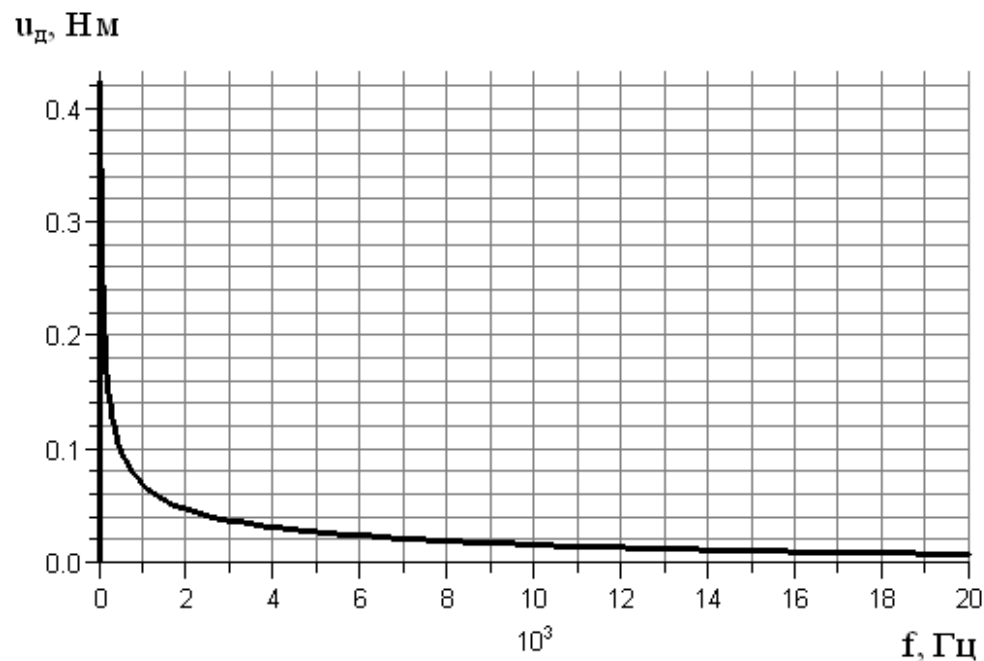
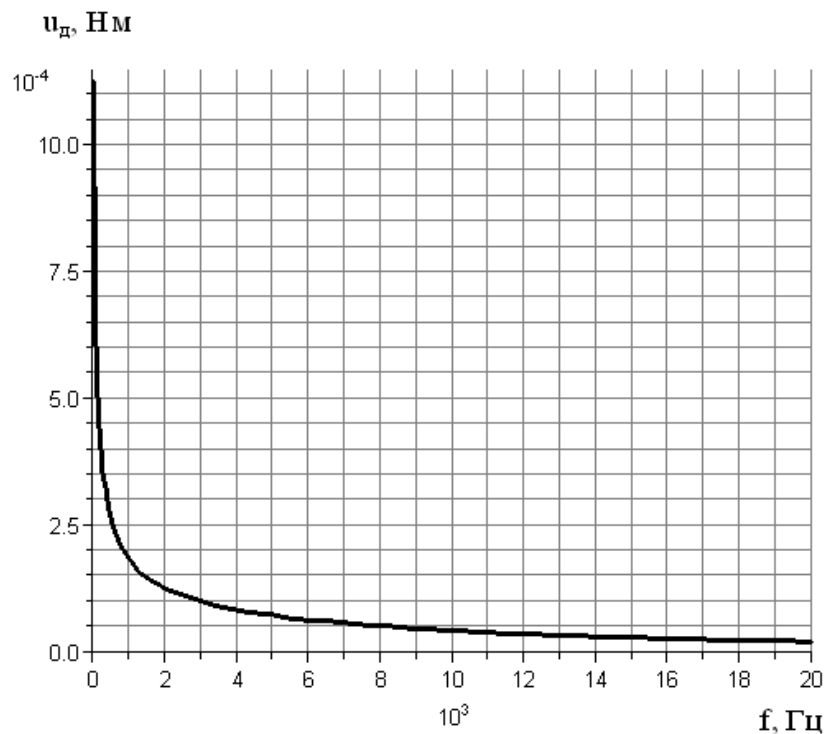
$$|X(j\omega)|^2 = \frac{M_k^2(\omega^2 + v^2\omega_0^2)}{\omega^4 + 2\omega^2v^2\omega_0^2 + v^4\omega_0^4} \quad (5)$$

Рівняння для оцінювання динамічної невизначеності

$$u_{\ddot{a}} = \left(\frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{M_k^2(\omega^2 + v^2\omega_0^2)}{\omega^4 + 2\omega^2v^2\omega_0^2 + v^4\omega_0^4} d\omega \right)^{\frac{1}{2}} \times \left(\int_0^\infty \frac{K^2(\omega^4 + 4v^2\omega^2\omega_p^2 - 2\omega^2\omega_p^2 + \omega_p^4)}{\omega^8 + 4\omega^6\omega_p^2(2v^2 - 1) + 2\omega^4\omega_p^4(3 - 8v^2) + 8v^2\omega^2\omega_p^4(2v^2\omega^2 + \omega_p^2) - 4\omega^2\omega_p^6 + \omega_p^8} d\omega \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Характеристики зміни динамічної невизначеності засобу вимірювання динамічного моменту

6



Характеристика зміни динамічної невизначеності засобу вимірювання динамічного моменту при номінальній частоті вхідного сигналу 50 Гц в частотній області від 0 до 20 кГц

Характеристика зміни динамічної невизначеності засобу вимірювання динамічного моменту при зменшені частоти вхідного сигналу до 1 Гц в частотній області від 0 до 20 кГц

Комбінована невизначеність вимірювання динамічного моменту

7

Невизначеність, що вноситься за рахунок обмежених властивостей
використовуваного сенсора

$$u_{\hat{A}} = \frac{\gamma M_k}{100\% \sqrt{3}} = \frac{0,5}{173} 8 = 23,12 \cdot 10^{-3} \quad \text{Нм.} \quad (7)$$

Комбінована невизначеність

$$u_c = \sqrt{u_{\hat{A}}^2 + u_B^2} = \sqrt{0,43^2 + (23,12 \cdot 10^{-3})^2} = 4,31 \cdot 10^{-1} \quad \text{Нм.} \quad (8)$$

Розширена невизначеність

$$U_p = k_p u_c = 1,96 \cdot 4,31 \cdot 10^{-1} = 8,45 \cdot 10^{-1} \text{ Нм, при } p = 0,95. \quad (9)$$

Відносна комбінована невизначеність

$$\tilde{u}_c = \frac{u_c}{M_{k \max}} 100\% = \frac{0,431}{8} 100\% = 5,4\% \quad (10)$$