1. lépés : a zárlati áram - és feszültség időfüggvényeinek meghatározása

```
Izeff = 60000;
Pszi = 1.36944;
```

$\mathtt{Izcs = N[Izeff * \sqrt{2}]}$

```
84852.8
```

```
fi = ArcCos[0.2]
```

```
1.36944
```

$\mathtt{fi0 = fi *} \frac{180}{\pi}$

```
78.463
```

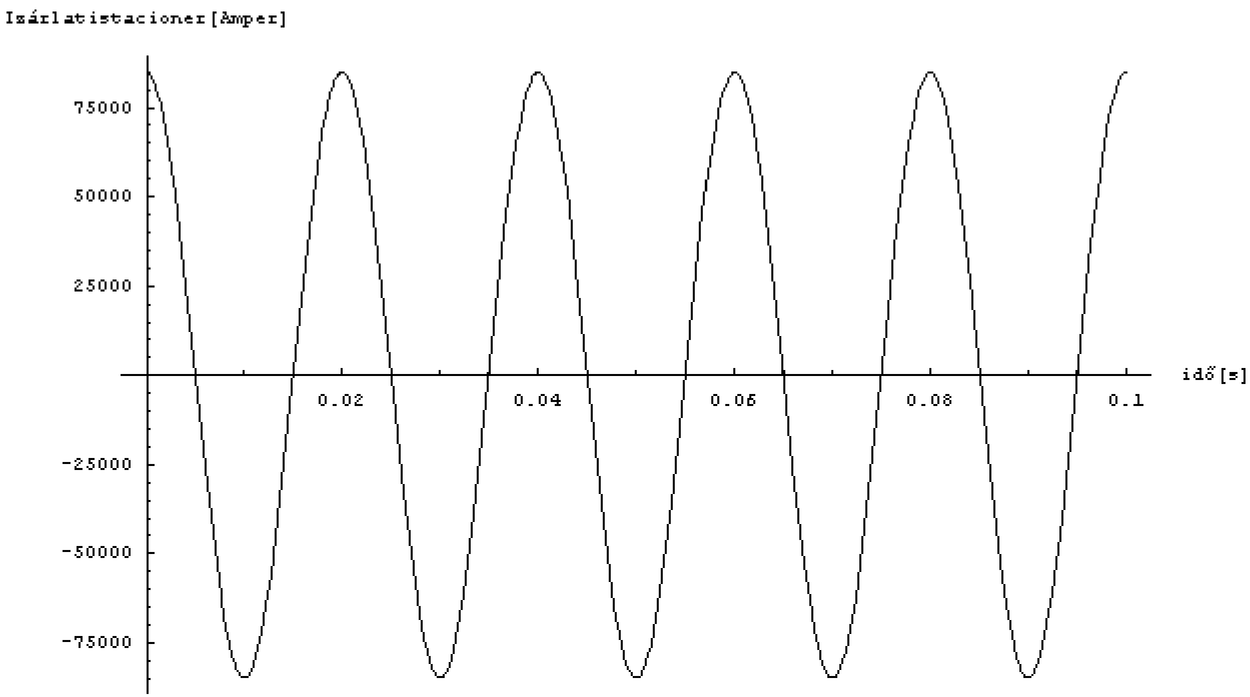
```
w = N[2 * π * 50]
```

```
314.159
```

2. lépés : A zárlati áram stacioner összetevőjének meghatározása a bekapcsolási szög figyelembevételével

```
Izst = Izcs * Cos[w * t + Pszi - fi]
Plot[Izst, {t, 0, 0.1}, AxesLabel → {idő[s], Izárlatistacioner[Amper]}];
```

$84852.8\ \mathrm{Cos}[1.594 \times 10^{-6} + 314.159\ t]$



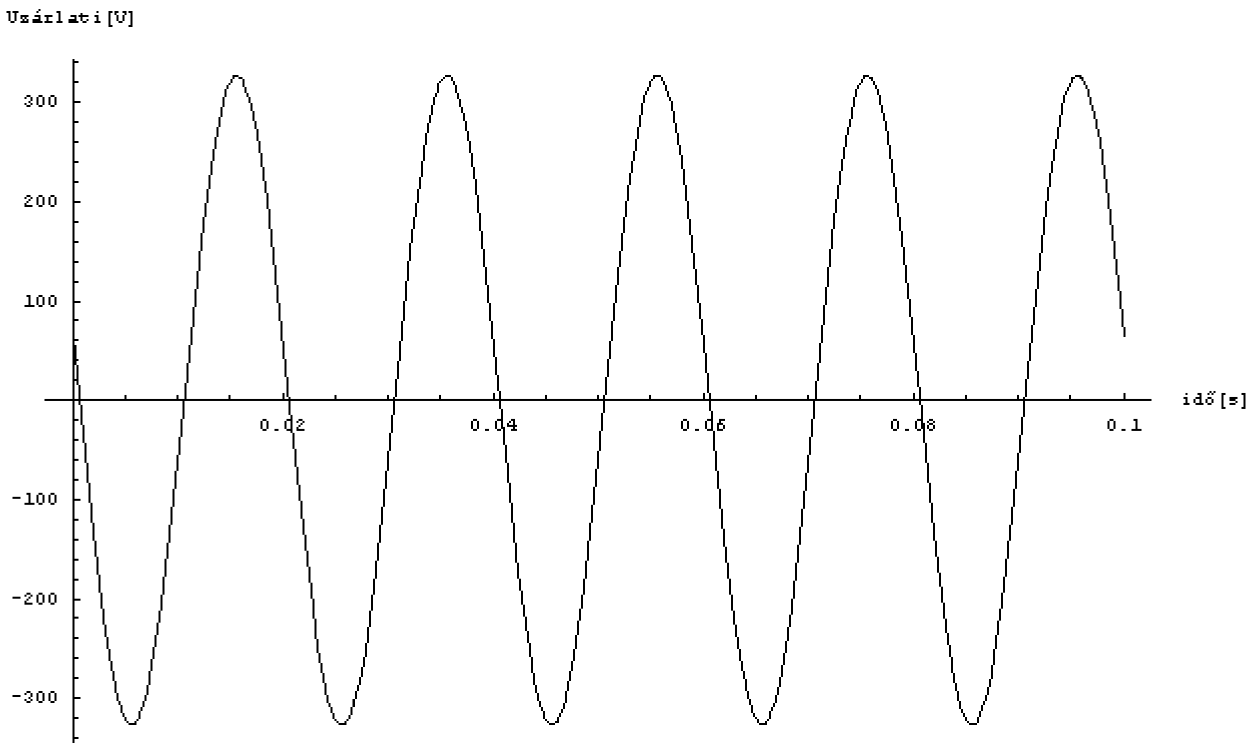
3. lépés : A zárlati feszültség meghatározása a bekapcsolási szög figyelembevételével

```
Ueff = (400 / √3);
Ucs = N[Ueff * √2]
```

326.599

```
Uz = Ucs * Cos[w * t + Pszi]
Plot[Uz, {t, 0, 0.1}, AxesLabel → {idő[s], Uzárlati[V]}];
```

326.599 Cos[1.36944 + 314.159 t]



4. lépés : A τ időállandó és a zárlati áram tranziens összetevőjének meghatározása

Z = N[Ueff / Izeff]

0.003849

R = Z * 0.2

0.0007698

X = Z * Sin[ArcCos[0.2]]

0.00377124

```
L = X / (2 * π * 50)
```

0.0000120042

```
τ = L / R
```

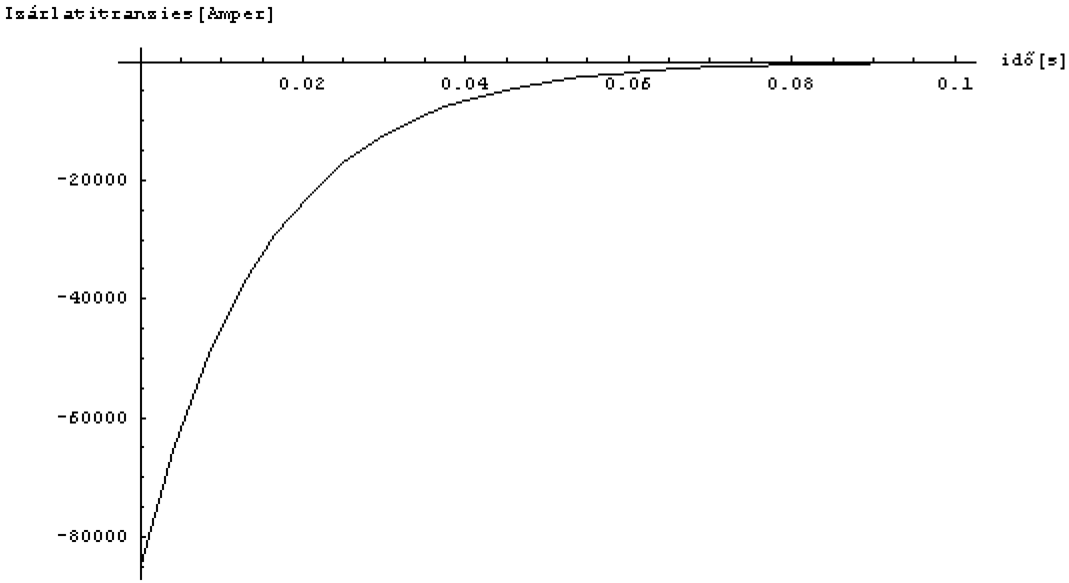
0.0155939

```
Iztr0 = -Izst /. t → 0
```

-84852.8

```
Iztr = Iztr0 * E^(-t / τ)
Plot[Iztr, {t, 0, 0.1}, AxesLabel → {idő[s], Izárlatitranzies[Amper]}]
```

$-84852.8\, e^{-64.1275\, t}$

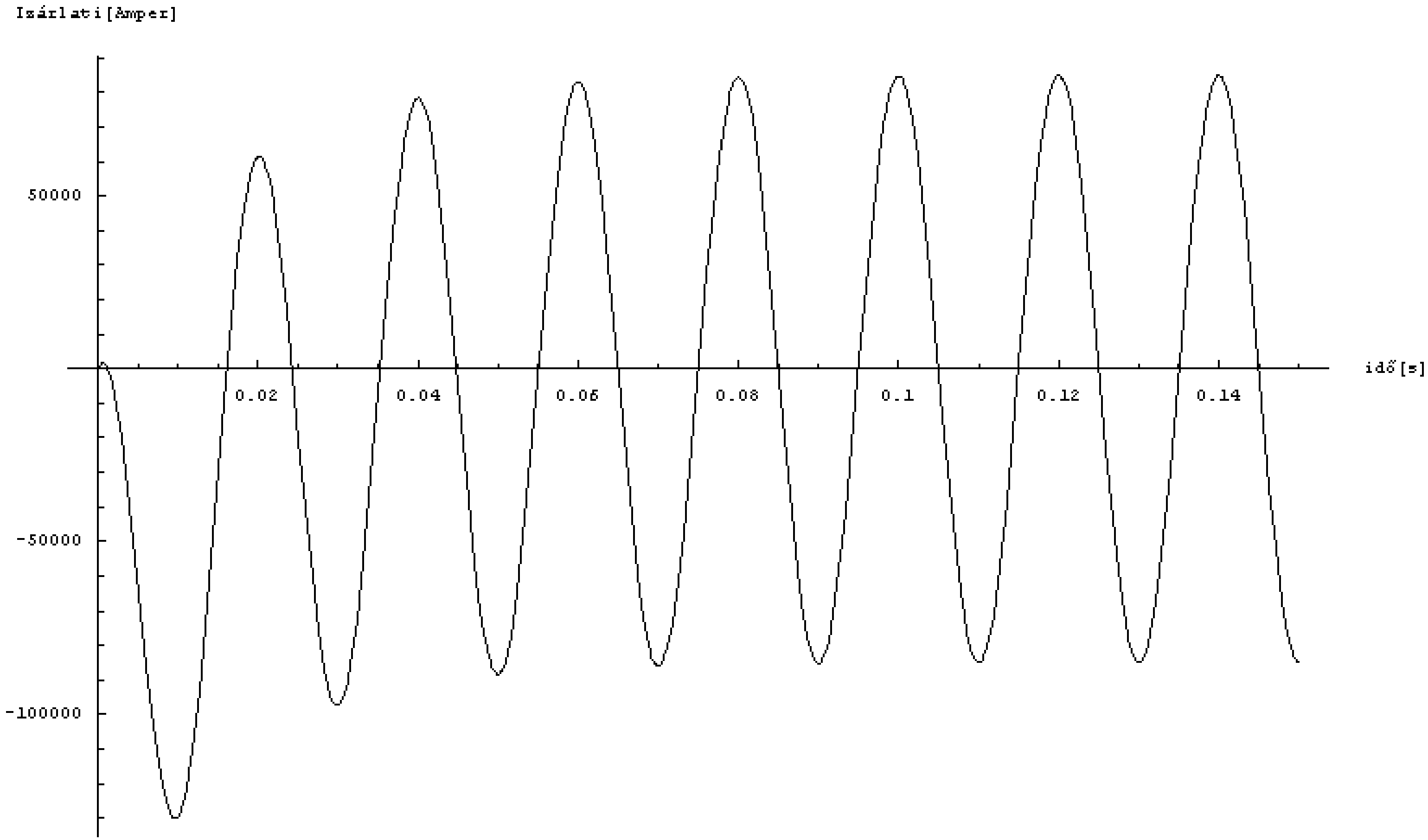


5. lépés : A zárlati áram időfüggvényének meghatározása

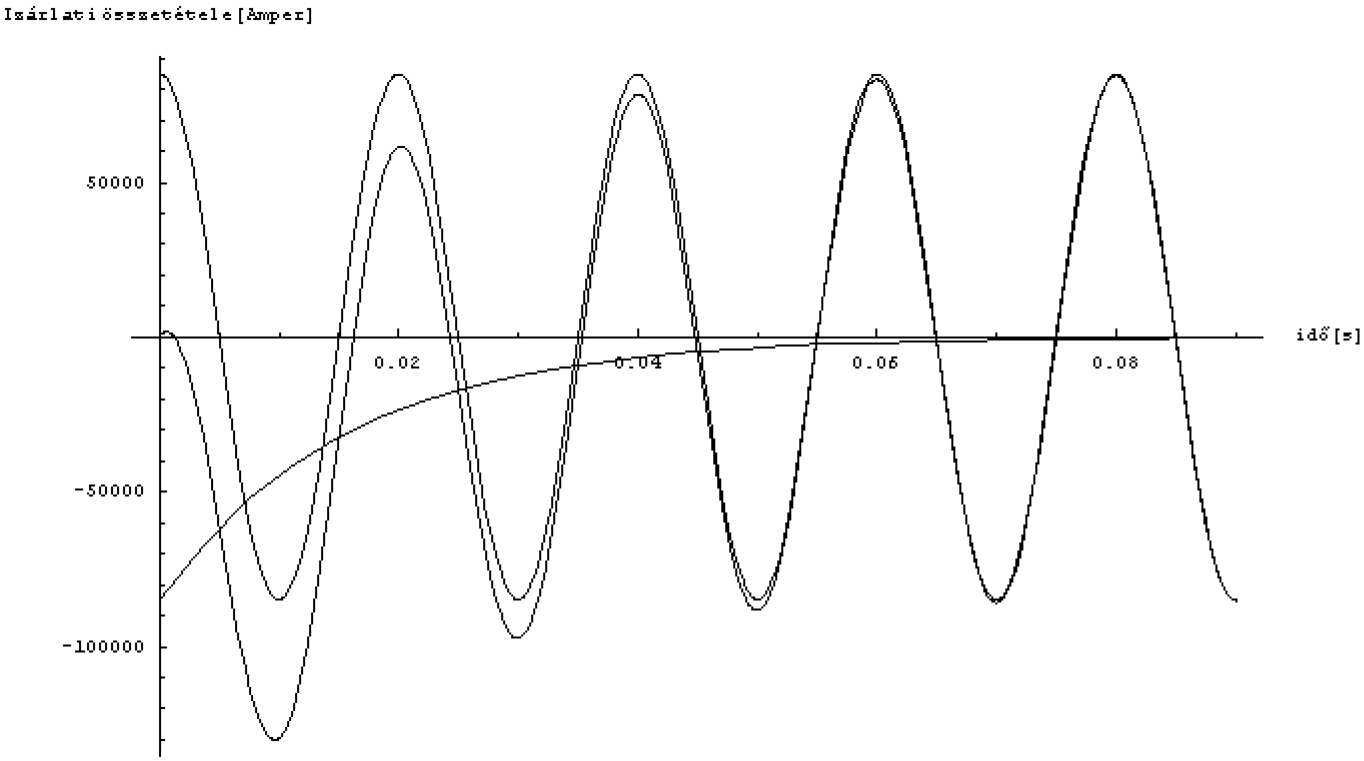
Iz = Izcs * (Cos[w * t + Pszi - fi] - Cos[Pszi - fi] * E ^ (-t / τ))

Plot[Iz, {t, 0, 0.15}, AxesLabel → {idő[s], Izárlati[Amper]}]

$84852.8\,(-1.\,e^{-64.1275\,t} + \mathrm{Cos}[1.594 \times 10^{-6} + 314.159\,t])$



```
Plot[{Iztr, Iz, Izst}, {t, 0, 0.09}, AxesLabel → {idő[s], Izárlati összetétele[Amper]}]
```



- Graphics -

A fenti ábrán a zárlatiáram látható stacioner és tranziens komponensekre bontva.

6. lépés : A kiolvadási idő és átfolyási áram meghatározása

```
A = 10 * 10^(-6);
Thetak = 40;
Theta0 = 20;
Thetaolv = 1083;
ρ20 = 1.75 * 10^-8;
c20 = 3.4 * 10^6;
α0 = 4 * 10^-3;
```

$$\text{Jmegszakító} = A^{\wedge}2 * \frac{c20}{\rho 20 * \alpha 0} * \text{Log}\left[\frac{1 + \alpha 0 * (\text{Thetaolv} - \text{Theta0})}{1 + \alpha 0 * (\text{Thetak} - \text{Theta0})}\right]$$

7.68229×10^6

A Joule integrál felhasználásával az olvadási idő meghatározása :

```
FindRoot[Integrate[Iz^2, {t, 0, x}] == Jmegszakító, {x, 0.1}]
```

{x → 0.00580151 + 0. i}

Ellenőrzésképpen a Joule integrál kiszámítása a kapott olvadási idővel :

```
NIntegrate[Iz^2, {t, 0, 0.00580151}]
```

7.68232×10^6

```
tolv = 0.00580151
```

0.00580151

Átfolyó áram meghatározása : a zárlati áram pillanatértékének meghatározása a olvadási idő pillanatában

```
Iolv = Iz /. t → tolv
```

-79632.7

7. lépés : Az ívfeszültség és íváram meghatározása

tív = $\frac{1}{50} * \frac{1}{8}$;

tműködési = tolv + tív

0.00830151

Iív = Iolv * $\left(1 - \frac{t - tolv}{tív}\right)$

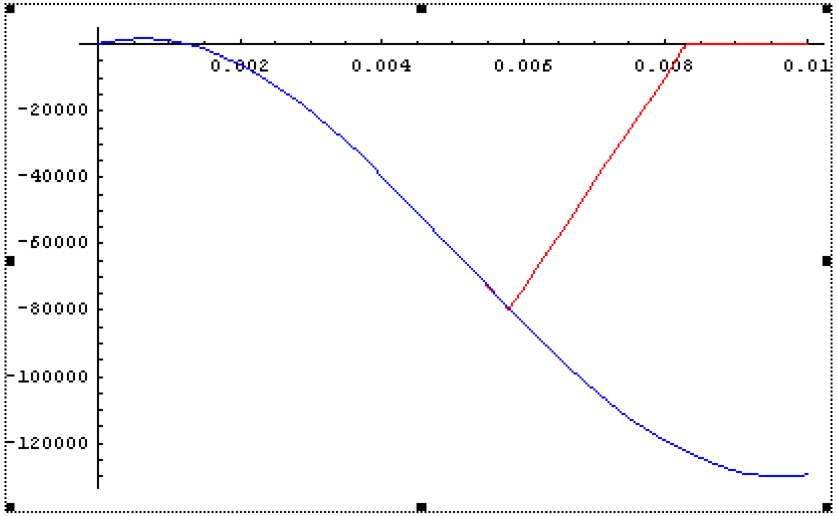
-79632.7 (1 - 400 (-0.00580151 + t))

Az íváram időfüggvénye :

Ifgv = Which[0 <= t < tolv, Iz, tolv <= t <= tműködési, Iív, t > tműködési, 0]

Which[0 ≤ t < 0.00580151, Iz, tolv ≤ t ≤ tműködési, Iív, t > tműködési, 0]

Plot[{Ifgv, Iz}, {t, 0, 0.01}, PlotStyle → {{RGBColor[1, 0, 0]}, {RGBColor[0, 0, 1]}}]



- Graphics -

```
didt = D[Iív, t]
```

3.18531×10^{7}

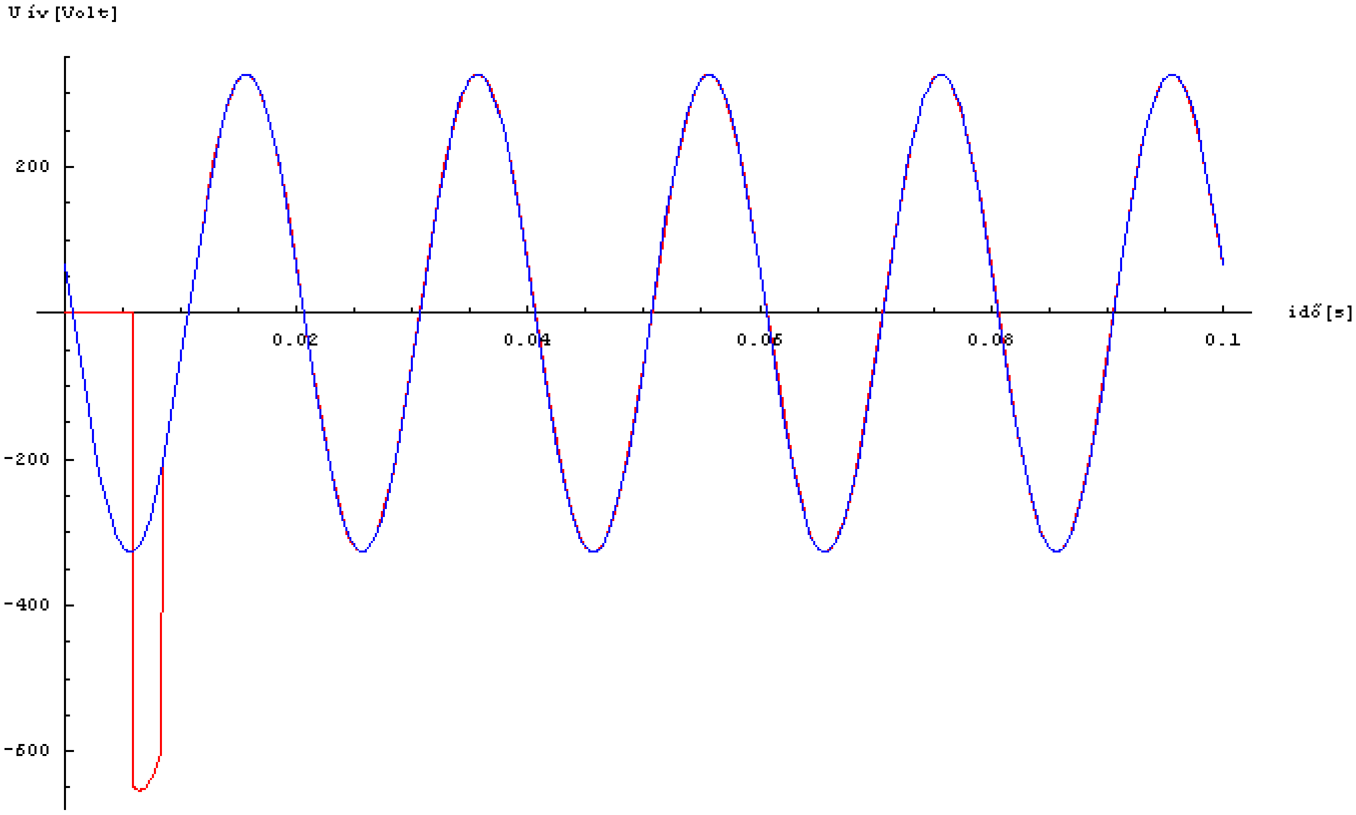
```
dil = Which[0 <= t < tolv, 0, tolv <= t <= tműködési, didt, t > tműködési, 0]
```

```
Which[0 ≤ t < 0.00580151, 0, tolv ≤ t ≤ tműködési, didt, t > tműködési, 0]
```

```
Uív = Which[0 <= t < tolv, 0, tolv <= t, Uz - Ifgv * R - dil * L]
```

```
Which[0 ≤ t < 0.00580151, 0, tolv ≤ t, Uz - Ifgv R - dil L]
```

```
Plot[{Uív, Uz}, {t, 0, 0.1}, AxesLabel → {idő[s], U ív[Volt]}, PlotStyle → {{RGBColor[1, 0, 0]}, {RGBColor[0, 0, 1]}}]
```



8. lépés : A működés Joule - integrál számítása

Jív = NIntegrate[Iív^2, {t, 0, tív}]

5.28447×10^{6}

Jmegszakító

7.68229×10^{6}

$$\mathbf{Jsín = (60 * 5 * 10\text{^} -6)\text{^}2 * \frac{c20}{\rho 20 * \alpha 0} * Log\left[\frac{1 + \alpha 0 * (Thetasín - Theta0)}{1 + \alpha 0 * (Thetak - Theta0)}\right]}$$

$$4.37143 \times 10^{9}\, \mathrm{Log}\left[\frac{25}{27}\left(1 + \frac{1}{250}\,(-20 + \mathrm{Thetasín})\right)\right]$$

Solve[Jsín == (Jmegszakító + Jív), Thetasín]

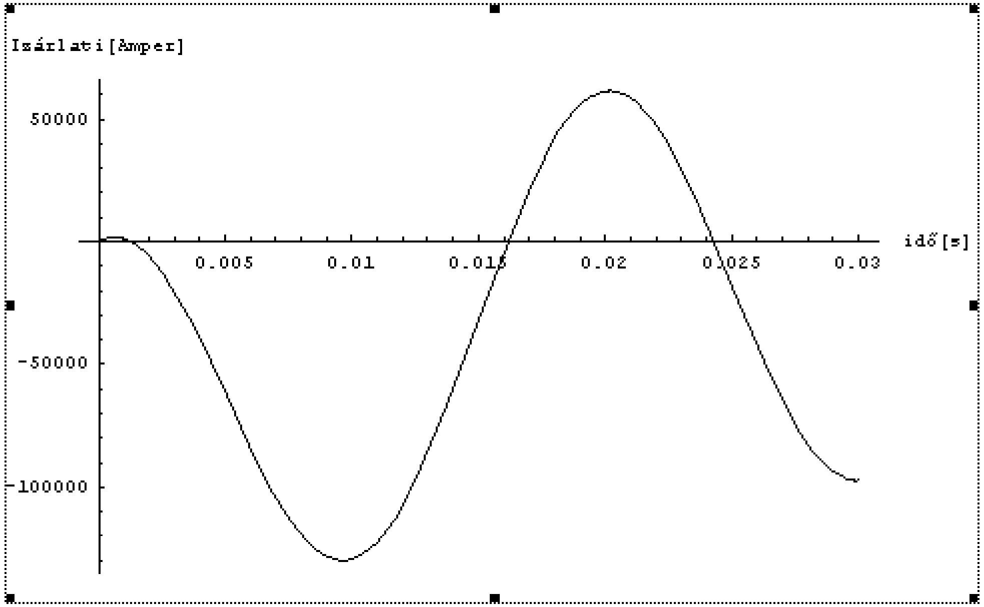
{{Thetasín → 40.8021}}

9. lépés : A sín melegedésének meghatározása általános megszakító esetén

A harmadik nullátmenet a görbéről becsülhető,

0.025 környékére tehető. Pontosabban :

```
Plot[Iz, {t, 0, 0.03}, AxesLabel → {idő[s], Izárlati[Amper]}]
FindRoot[Iz == 0, {t, 0.025}]
```



- Graphics -

{t → 0.0243261}

```
t3 = 0.0243261;
JBmegszakító = NIntegrate[Iz^2, {t, 0, t3}]
```

1.25961×10^{8}

```
Solve[Jsín == JBmegszakító, Thetasín]
```

{{Thetasín → 47.8931}}