

Optimalizacja procesu narastania prądu pierwotnego i jego zaniku w układzie zapłonowym silnika spalinowego

Mirosław Urbanowicz

Streszczenie

W artykule przedstawiono sposób obliczania indukcyjności własnej w zależności od konstrukcji cewki indukcyjnej, stosowanej w układach zapłonowych. Przedstawiono próbę optymalizacji energii w układzie zapłonowym za pomocą równania Eulera-Lagrange'a.

Słowa kluczowe: energia, indukcyjność własna, optymalizacja, energia, układ zapłonowy.

Wstęp

Kształt impulsu zapłonowego ma fundamentalne znaczenie dla wartości napięcia wtórnego wywołującego przeskok iskry zapłonowej. Szczególnie ważny jest kształt zbocza opadającego impulsu. Podstawowe znaczenie, wpływające na kształt impulsu zapłonowego, ma indukcyjność własna obwodu pierwotnego układu zapłonowego. Drugim ważnym parametrem jest rezystancja obwodu pierwotnego.

2. Przebieg prądu pierwotnego

Prąd pierwotny w układzie zapłonowym narasta według równania:

$$i = I_u \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right), \quad (1)$$

gdzie: $T = L/R$, jest to stała czasowa obwodu, t czas narastania prądu.

Gradient narastania prądu zależy od własności obwodu, a w szczególności od indukcyjności. Amplituda prądu zależy od rezystancji. Indukcyjność własna cewki wyraża się wzorem:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r z^2 S}{l} \quad (2)$$

gdzie: S pole przekroju poprzecznego cewki, l długość cewki. Długość cewki można wyrazić wzorem:

$$l = z \cdot d_d,$$

gdzie: z - liczba zwojów, d_d - średnica drutu cewki.

Rezystancja drutu cewki wynosi:

$$R = \frac{\rho l_d}{S_d}, \quad (3)$$

gdzie l_d jest długością drutu cewki.

Wykorzystując znane zależności geometryczne, po podstawieniach, otrzymano wzór na indukcyjność, wyrażoną za pomocą rezystancji;

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r \pi d^2 R}{16 \rho} \quad (4)$$

gdzie:

- L - indukcyjność własna cewki,
- μ_0 - przenikalność magnetyczna próżni,
- r - przenikalność magnetyczna względna,
- ρ - rezystywność przewodnika,
- d - średnica zewnętrzna zwoju.

Po podstawieniu (4) do wzoru (1), otrzymano:

$$i = I_u \left(1 - e^{-\frac{t}{\frac{16\rho}{\mu_0 \mu_r d^2}}} \right). \quad (5)$$

Podstawiając wyrażenie: $I = Q/t$ do wzoru (5), otrzymano:

$$i = \frac{Q}{t} \left(1 - e^{-\frac{16\rho}{\mu_0 \mu_r d^2} t} \right). \quad (6)$$

Wartość energii w obwodzie pierwotnym, wynosi: $W = Li^2/2$. Podstawiając: (4) i (6) do powyższego wyrażenia otrzymano:

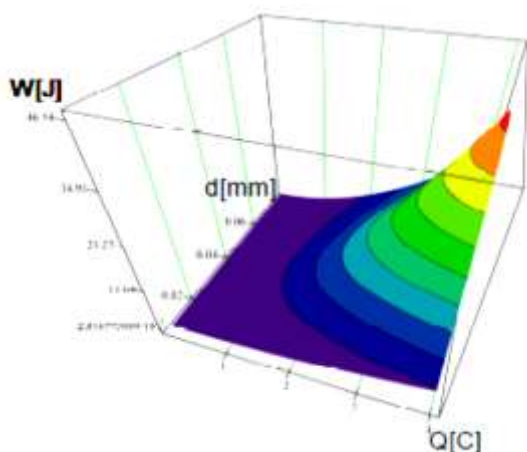
$$W = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \mu_r \pi d^2 R}{16 \rho} \left[\frac{Q}{t} \left(1 - e^{\frac{-t16\rho}{\mu_0 \mu_r d^2}} \right) \right]^2 \quad (7)$$

Korzystając z zależności Eulera – Lagrange:

$$E(Q, t) = d/dt(dW/dt) - dW/dt$$

otrzymano wartość maksimum energii w obwodzie:

$$E(Q, t) = \frac{2QR e^{\frac{-16\rho t}{d^2 \mu_0 \mu_r}} \left(e^{\frac{-16\rho t}{d^2 \mu_0 \mu_r}} - 1 \right)}{t^2} - \frac{QR d^2 \mu_r \mu_0 \left(e^{\frac{-16\rho t}{d^2 \mu_0 \mu_r}} - 1 \right)}{8\rho t^3} - \frac{QR d^2 \mu_r \mu_0 \left(e^{\frac{-16\rho t}{d^2 \mu_0 \mu_r}} - 1 \right)}{16\rho t^2}$$

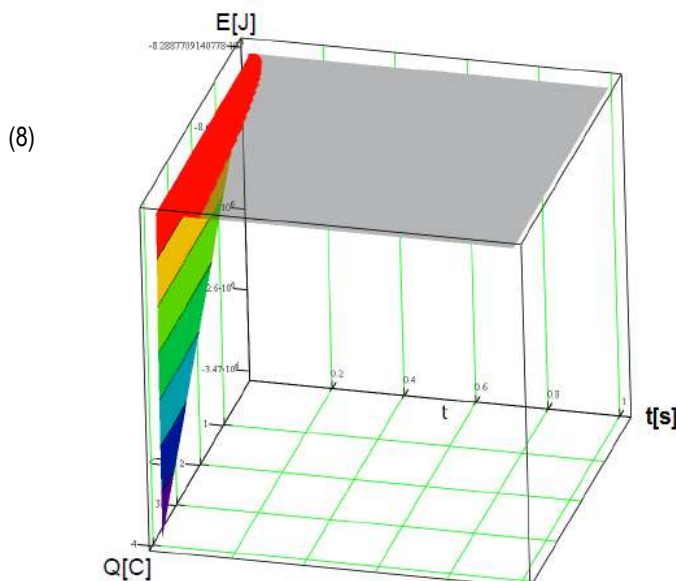


Rys. 1. Zależność energii W od ładunku Q oraz średnicy drutu cewki d.

Rysunek 1 przedstawia zależność energii W w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego w zależności od ładunku elektrycznego i średnicy drutu uzwojenia cewki zapłonowej. Maksimum energii zostaje osiągnięte dla średnicy 0,04 do 0,06 mm.

Maksimum energii w układzie zostaje osiągnięte dla czasów poniżej 0,2s oraz ładunku od 4 do 2 culombów.

Z powyższych rozważań wynika, iż można wyrazić za pomocą innej formuły matematycznej niż powszechnie stosowana w literaturze, równanie (2). Pozwala to na inne spojrzenie na problem roli indukcyjności własnej w obwodach elektrycznych. Jest to parametr niezbędny do występowania indukcji elektromagnetycznej, jako zjawiska fizycznego, a jednocześnie niepożądany w przypadku potrzeby szybkiego wzrostu prądu lub konieczności szybkiego jego zaniku.



Rys. 2. Zależność energii E wg. równania (8) od ładunku Q i czasu przepływu prądu t.

Bibliografia:

1. Bielawski S.: Teoria Napędu Elektrycznego: WNT 1978 r.
2. Dziubiński M. Ocioszyński J. Walusiak S.: Elektrotechnika i elektronika samochodowa, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej. Lublin 1999 r.

Optimization of the process of original current rise and its disappearance in the ignition system in internal combustion engine

Abstract

The article describes the role of self inductance in internal combustion engine ignition circuit with spark ignition. An attempt has been made to optimize energy occurring in the ignition circuit using Euler - Lagrange equation.

Key words: optimize, energy, ignition, spark.

Autor:

Mgr inż. **Mirosław Urbanowicz** – Zespół Szkół w Szczecinie