

Bu çalışma 30V/12V 240W 20A DC-DC BUCK CONVERTER tasarımını içermektedir.
Devre adım adım analiz edilerek tasarlanmıştır.

1. Adım: DC-DC Buck Converter Devresi Teorik Hesaplamaları
2. Adım: DC-DC Buck Converter Devresi PID Kontrol Tasarımı
3. Adım: DC-DC Buck Converter Devresi için LC Filtre Tasarımı

1.Adım Teorik Hesaplamalar

Öncelikle doluluk oranını bulalım;

$$k = \frac{V_a}{V_s} \implies k = \frac{12V}{30V} = \%0.4$$

Tepeden tepeye indüktör akımı dalgalanma oranı (ΔI) %0.05 dalgalılık oranı için gerekli endüktans değeri;

$$\Delta I = I_a \times 0.05 \implies \Delta I = 20 \times 0.05 = 1A$$

$$\Delta I = \frac{V_s k(1-k)}{fL} \implies L = \frac{V_s k(1-k)}{f \Delta I} \implies L = \frac{30 \times 0.4 \times (1-0.4)}{20 \times 10^3 \times 1} = 360 \mu H$$

Tepeden tepeye kapasite gerilimi dalgalanma oranı (ΔV_c) %0.1 dalgalılık oranı için gerekli kapasitans değeri;

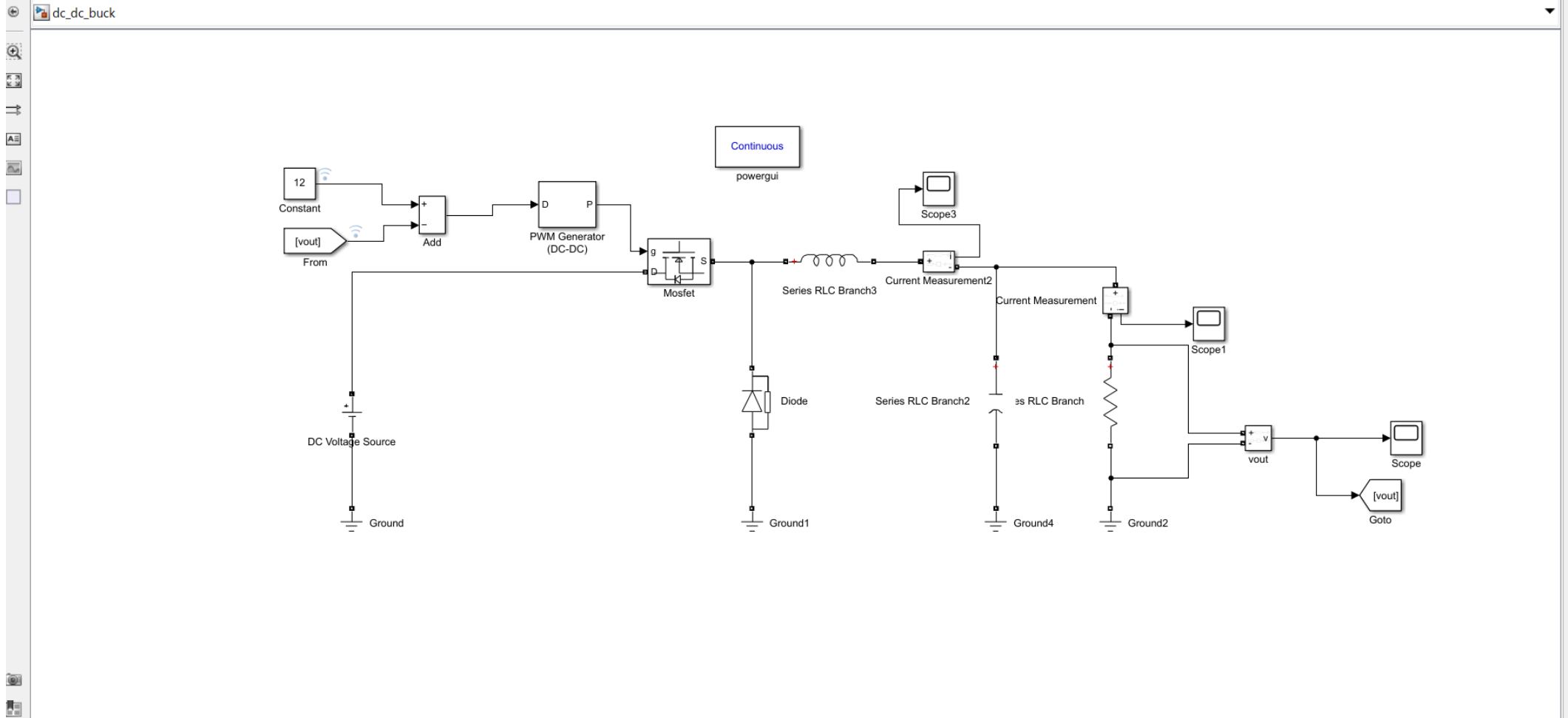
$$\Delta V_c = V_a \times 0.1 \implies \Delta V_c = 12 \times 0.05 = 1.2V$$

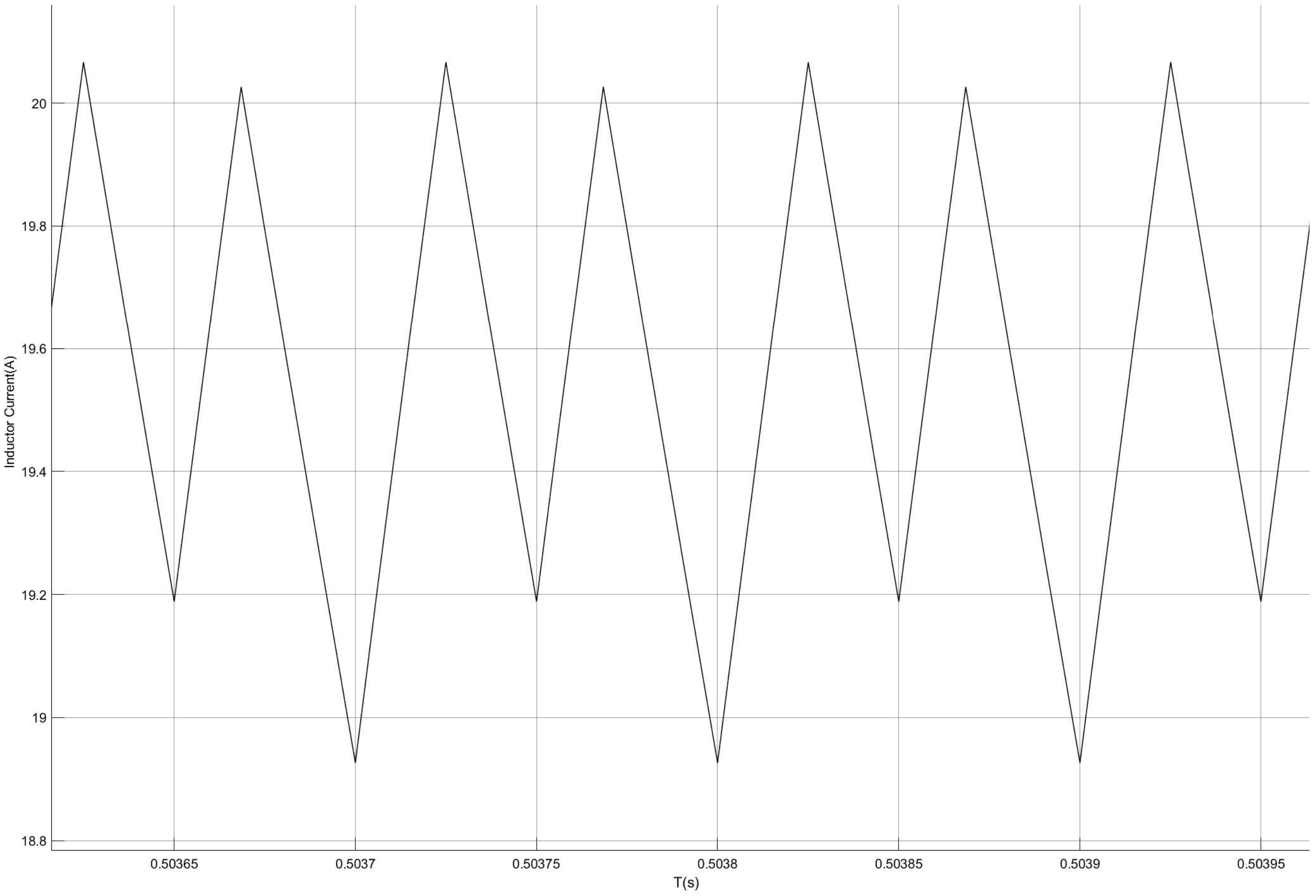
$$\Delta V_c = \frac{V_s k(1-k)}{8f^2 LC} \implies C = \frac{V_s k(1-k)}{8f^2 L \Delta V_c} \implies C = \frac{30 \times 0.4 \times (1-0.4)}{8 \times (20 \times 10^3)^2 \times 360 \times 10^{-6} \times 1.2} = 5.21 \mu F$$

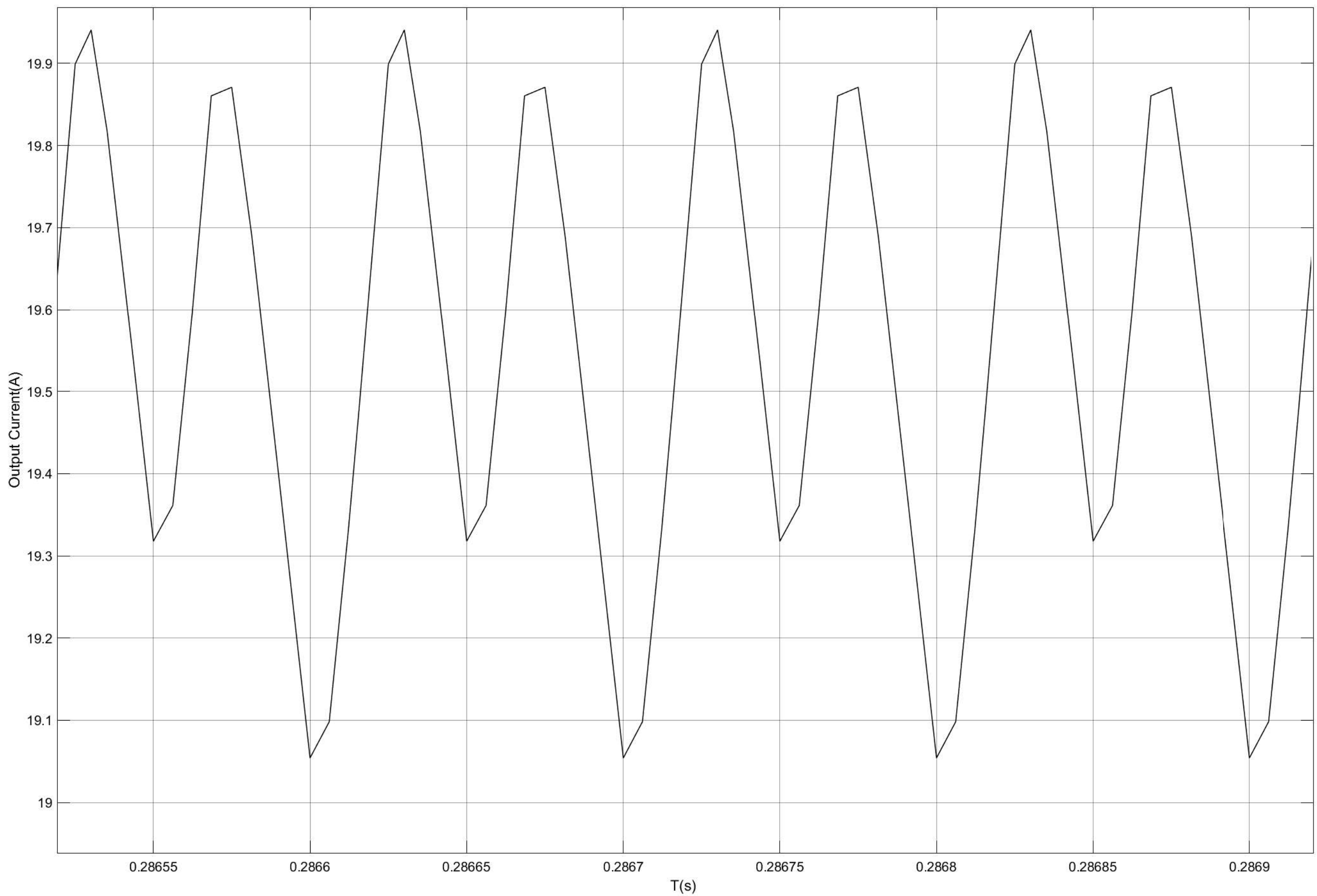
Sürekli çalışma modu (CCM) için gereken kritik endüktans (L_c) ve kritik kapasitans (C_c) değeri;

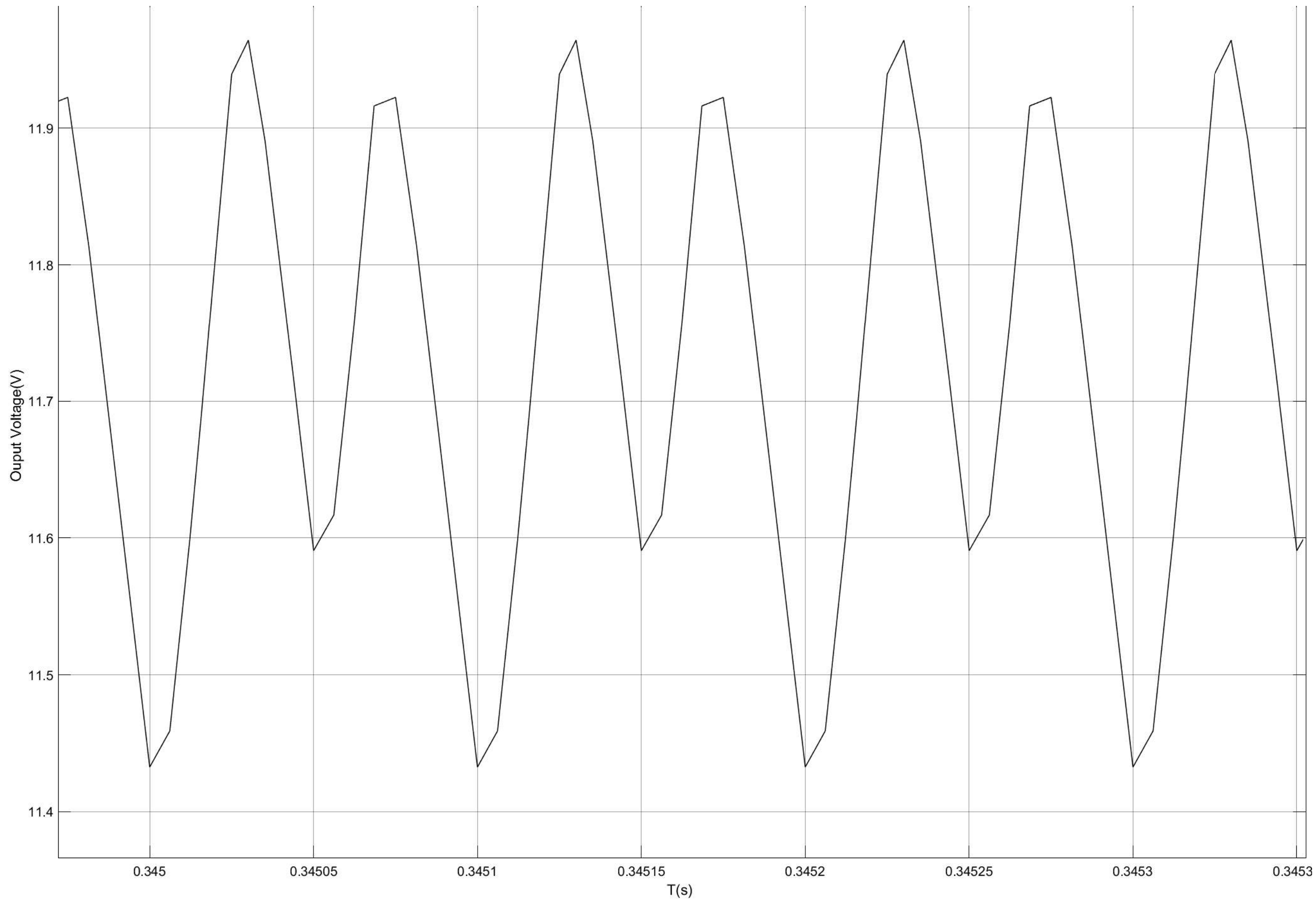
$$L_c = \frac{R(1-k)}{2f} \implies R = \frac{12V}{20A} = 0.6\Omega \implies L_c = \frac{0.6(1-0.4)}{2 \times 20 \times 10^3} = 9 \mu H \quad C_c = \frac{(1-k)}{16Lf^2} \implies \begin{matrix} 0.260 \mu F (360 \mu H \text{ için}) \\ 10.4 \mu F (9 \mu H \text{ için}) \end{matrix}$$

Kritik endüktans ve kapasite değerleri, devrenin CCM modda çalışması için minimum değerlerdir. Bulunan kritik kapasite değeri kullanılan endüktansa göre değişiklik gösterir. Hesaplamalarda, minimum endüktans değeri için ve kullanılacak olan endüktans değeri için ayrı ayrı kapasite değeri hesaplanmıştır. Kullanılan endüktans değeri $360\text{ }\mu\text{H}$ olduğundan minimum kapasite değeri $0.260\text{ }\mu\text{F}$ olmuştur. Kullanılan endüktans ve kapasite değerleri, minimum koşulların üzerinde olduğu için devre, indüktör akımı sürekli yani CCM modda çalışmaktadır. Sonraki sayfada akım ve gerilim grafikleri verilmiştir. Devre aşağıdaki gibidir:







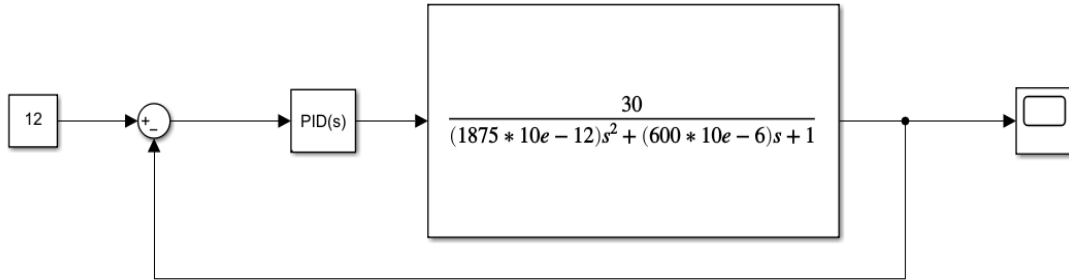


2. Adım Devre için PID kontrol tasarımı

Hesaplamalar sonucu kurulan devrede istenilen değerlere ulaşılmış fakat çıkış akımı, çıkış gerilimi ve endüktans akımında osilasyonlar görülmüştür. Bu nedenle devre için bir PID kontrol tasarımı yapılmıştır. Tasarım Simulink uygulamasının PID Tuner aracı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle sistemin transfer fonksiyonu bulunmuş, daha sonra bu fonksiyon katsayıları hesaplanıp PID Tuner Aracı ile uygun kazanç katsayıları belirlenmiştir. Sistem sonrası grafikler sonraki sayfadadır. Sistem transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$TF(s) = \frac{V_o(s)}{U(s)} = \frac{V_i(s)}{(LC)s^2 + (L/R)s + 1} \implies \frac{30}{(1875 \times 10^{-12})s^2 + (600 \times 10^{-6})s + 1}$$

PID kontrol devresi ve kazanç katsayıları:



Block Parameters: PID Controller

PID 1dof (mask) (link)

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time ☐ Discrete-time

Discrete-time settings

Sample time (-1 for inherited): -1

Compensator formula

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

Main Initialization Output Saturation Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 0.0522897493668473

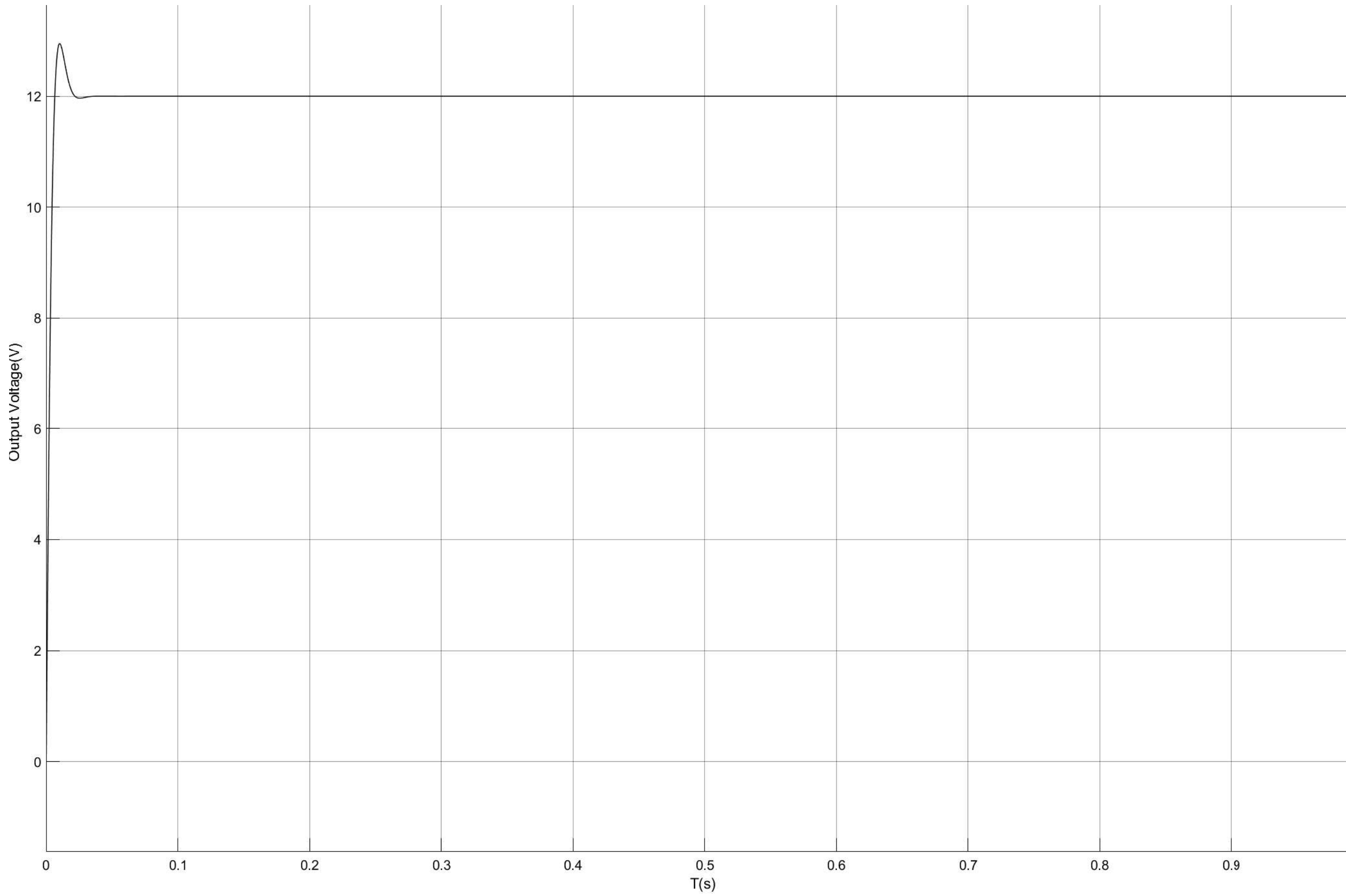
Integral (I): 17.613411100445

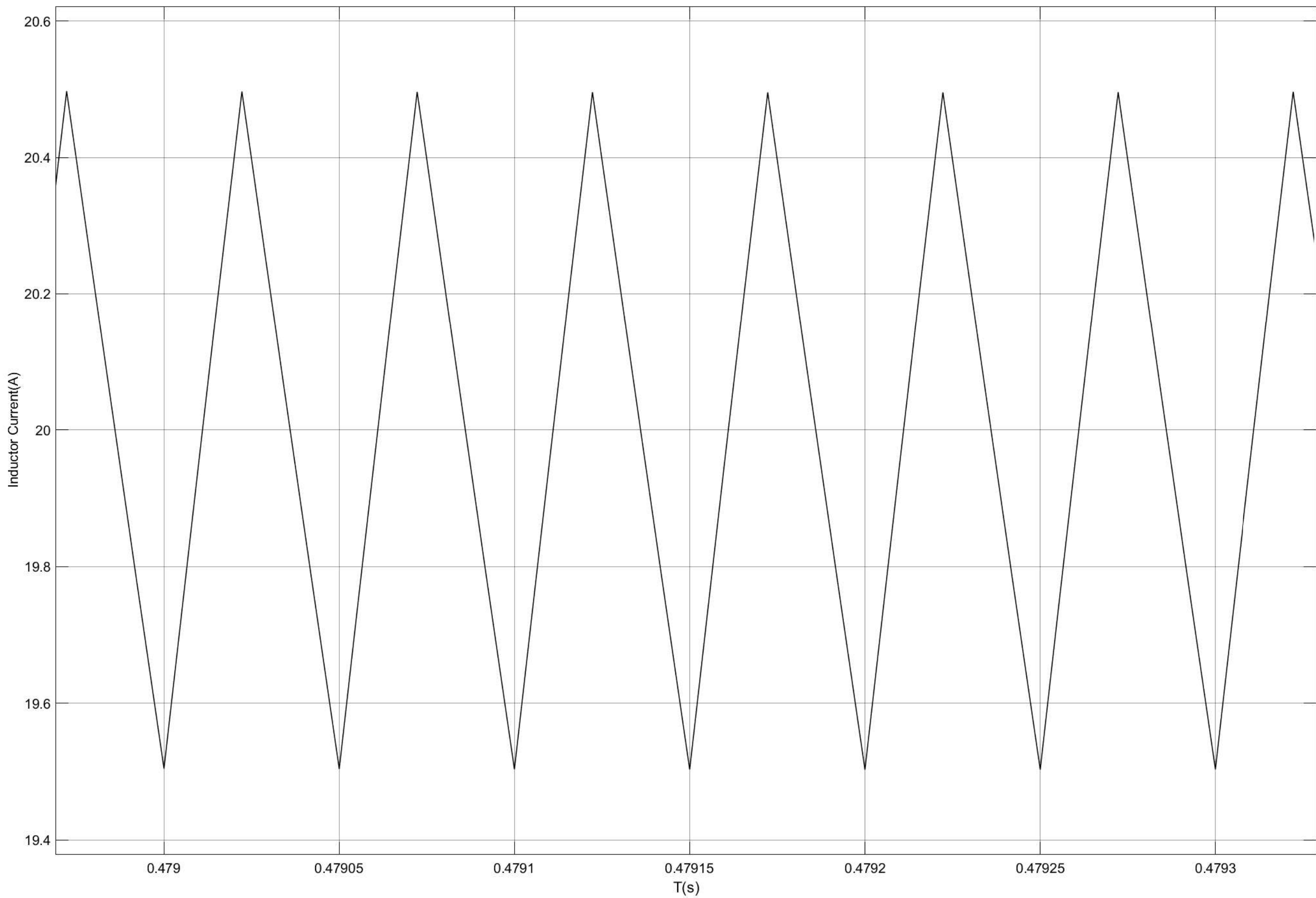
Derivative (D): -1.37033163224725e-06

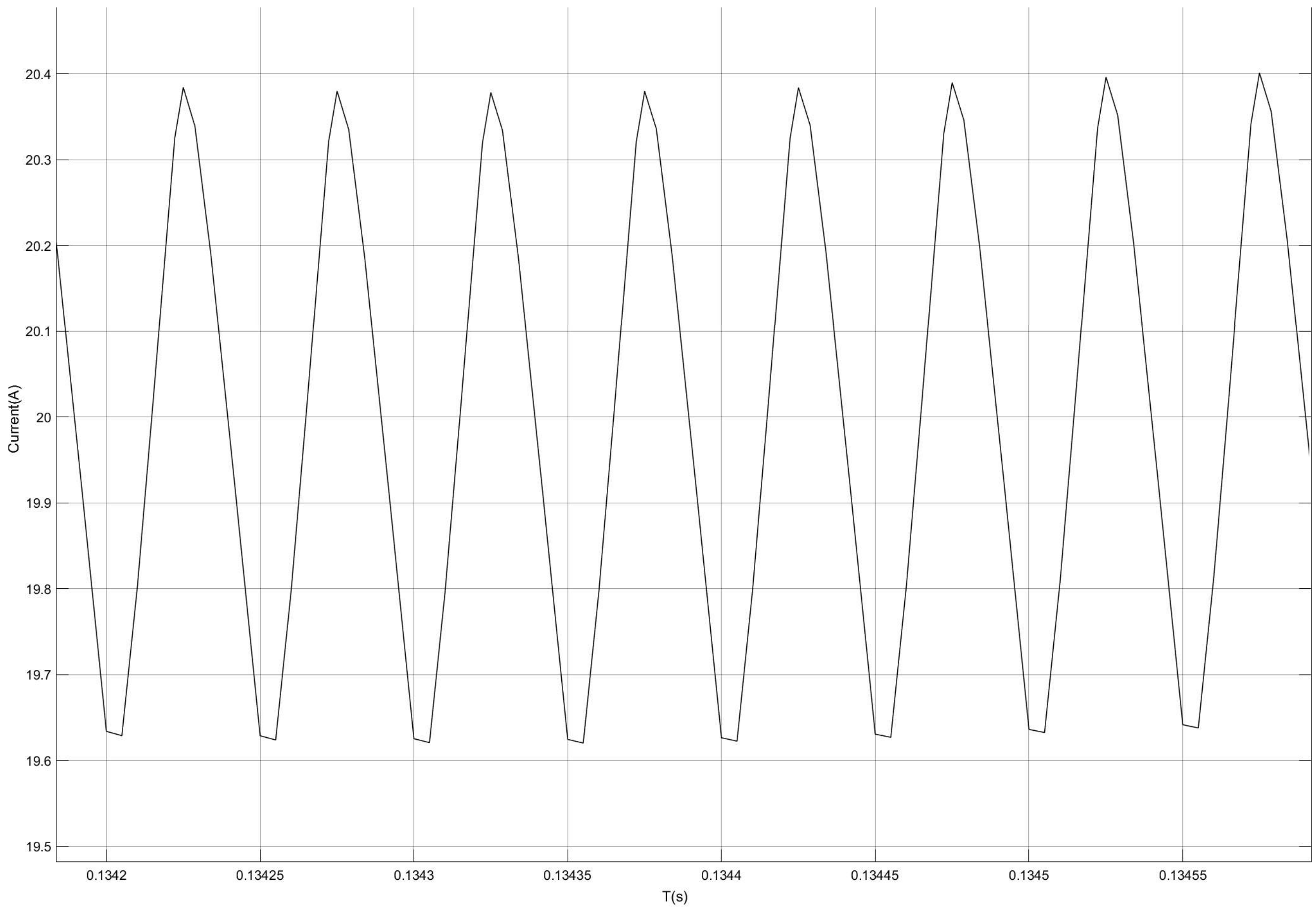
☒ Use filtered derivative

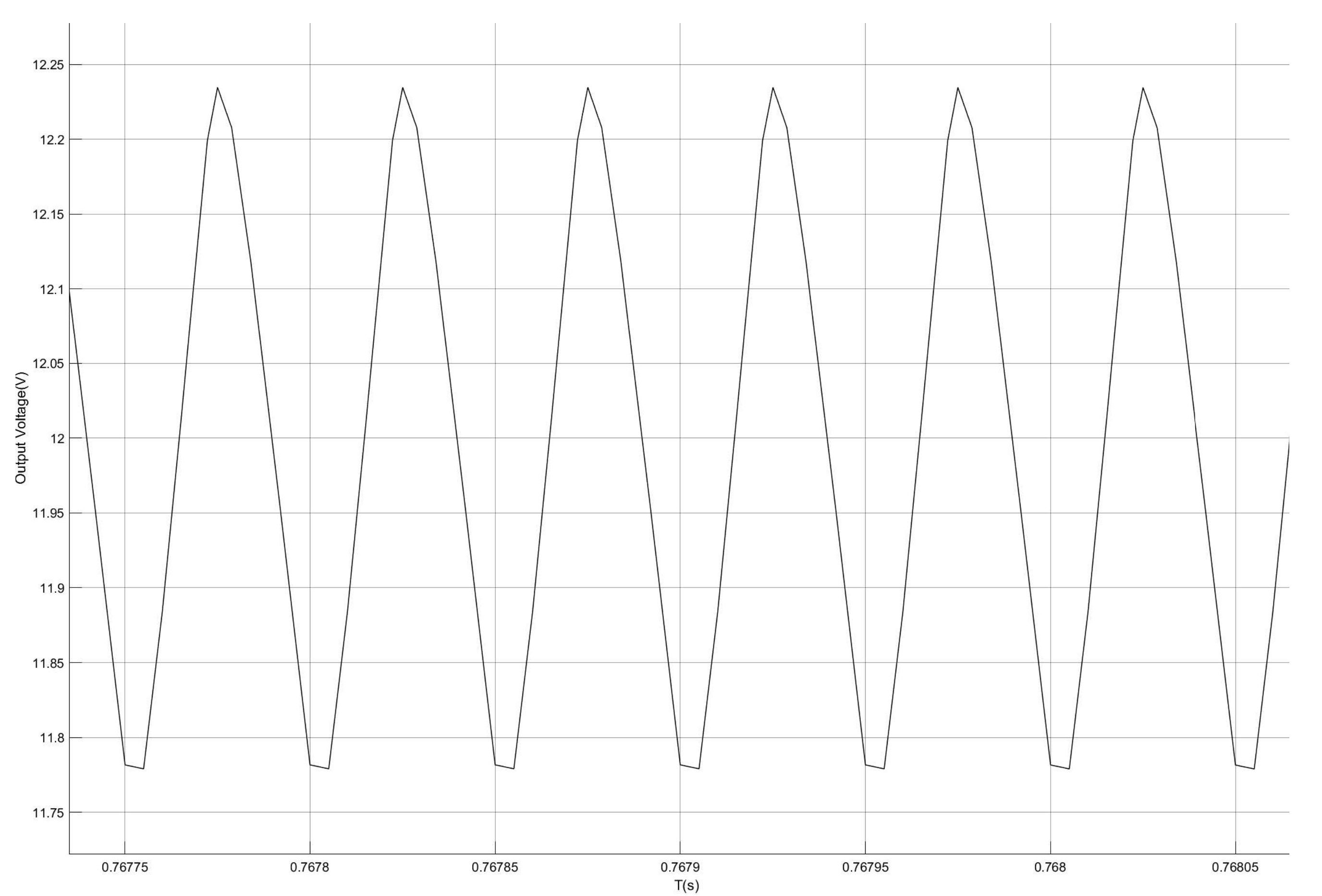
Filter coefficient (N): 38158.4633502883

OK Cancel Help Apply









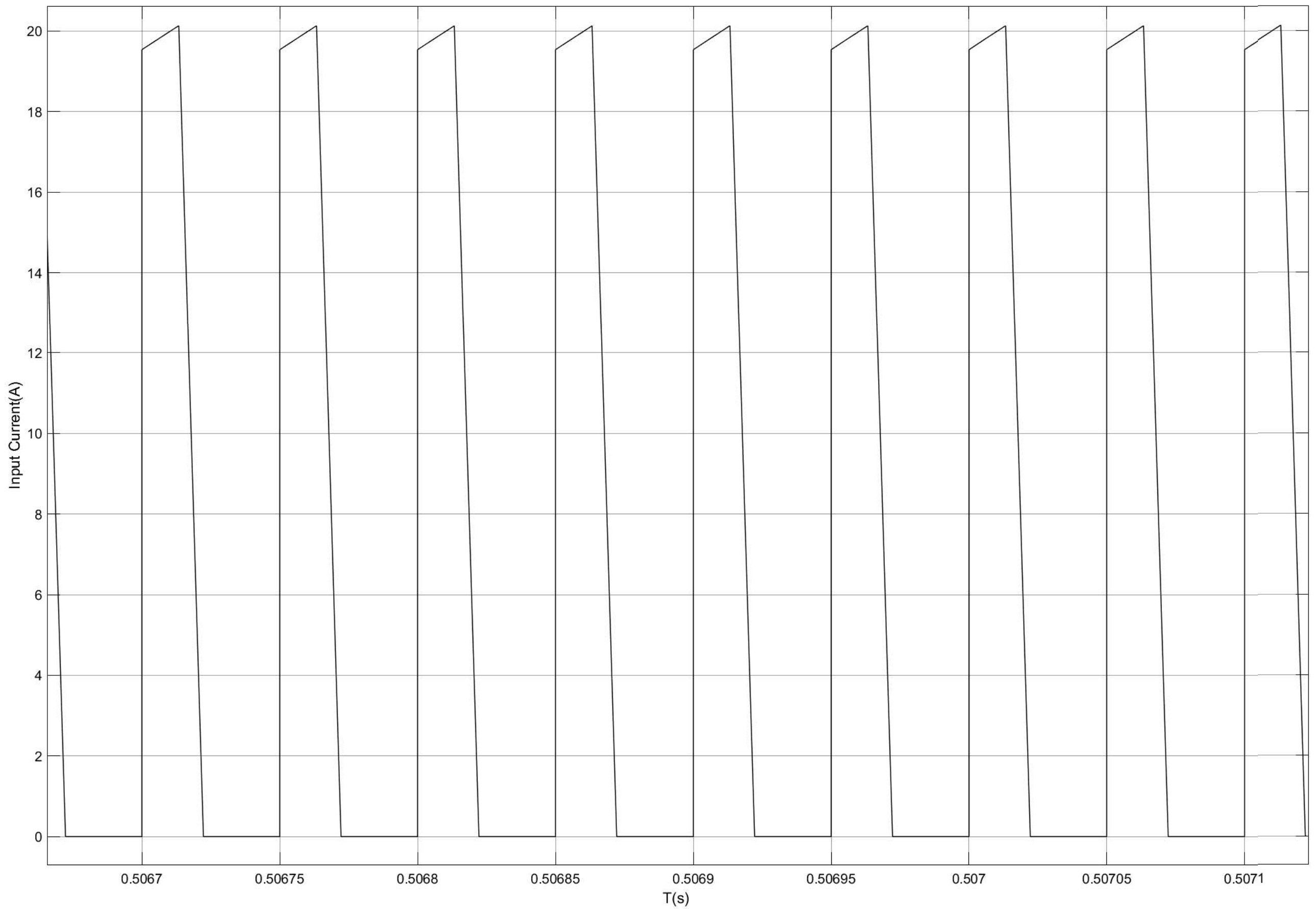
3. Adım Giriş LC Filtre Tasarımı

Anahtarlama, anahtarın kesimde olduğu süre boyunca giriş akımındaki ani azalma, elektromanyetik uyumluluk (EMC) problemleri ve girişte kullanılan güç kaynağının ömrü ile alakalı bazı problemler doğurmaktadır. Bu problemlerin en aza indirilmesi için girişe bir LC filtre eklenmelidir. Filtredeki L kaynağa seri, C ise paralel bağlanmalıdır. LC filtredeki L ve C değerlerini süzgeç rezonans frekansı belirler. Süzgeç rezonans frekansı (f_o) bu devre için anahtarlama frekansının 1/10'i kadar belirlenmiştir.

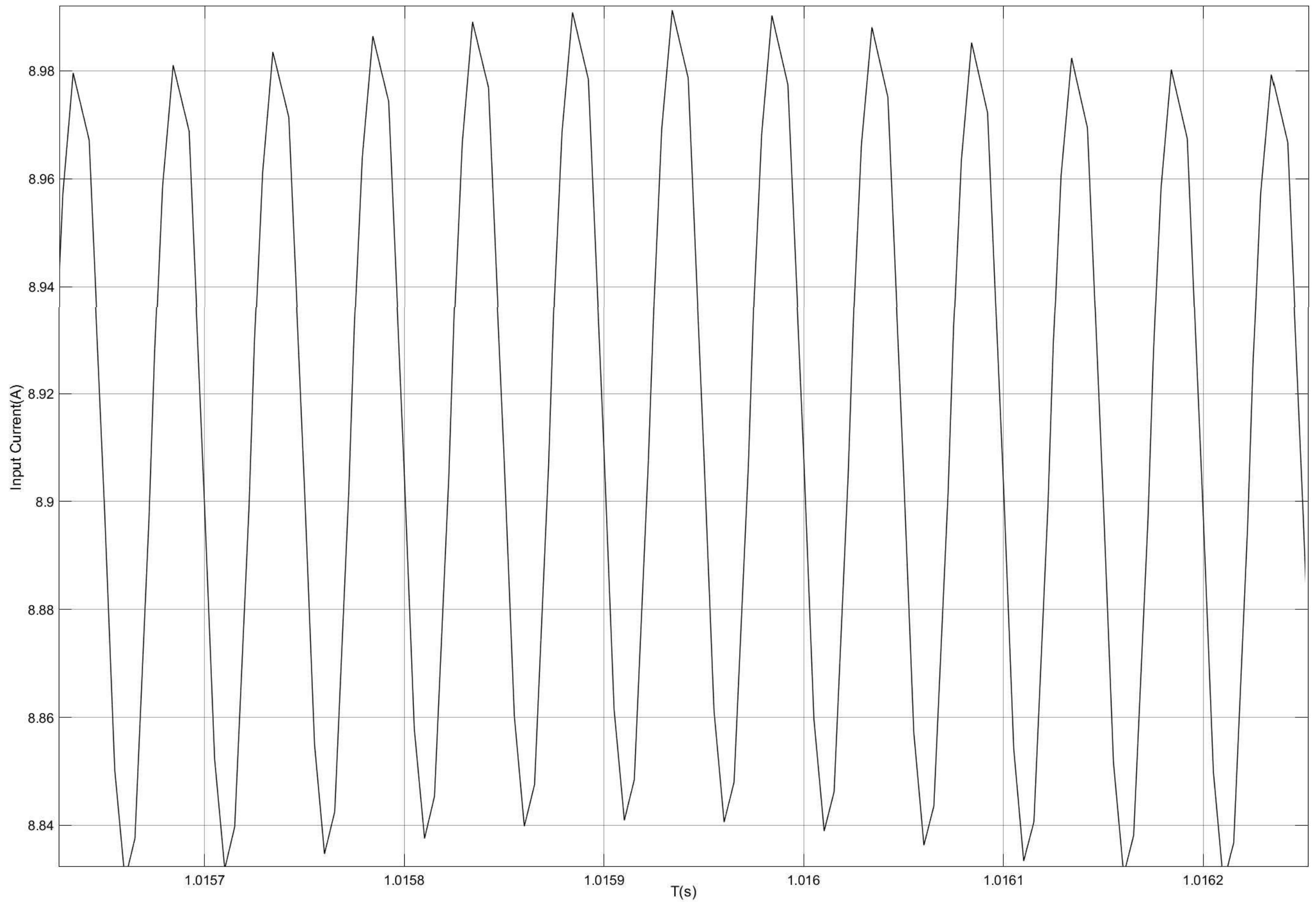
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \implies 2 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \implies LC = 0.064 \times 10^{-6}$$

$L=4.7 \mu\text{H}$ için $C = 1348 \mu\text{F}$ olur. Frekansın 2kHz olması 2kHz'nin üzerindeki sinyalleri zayıflatıp, altındaki sinyalleri ise geçirmesi anlamına gelir. Filtre sonrası grafikler, sonraki sayfadadır.

No LC Filter



LC Filter



Devrenin Tamamlanmış Hali

dc_dc_buck

