

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

نام درس: الکترونیک صنعتی

جلسه ۱۶: برشگرهای DC (مبدل‌های DC به DC)

ارائه دهنده: علی دستفان

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشی

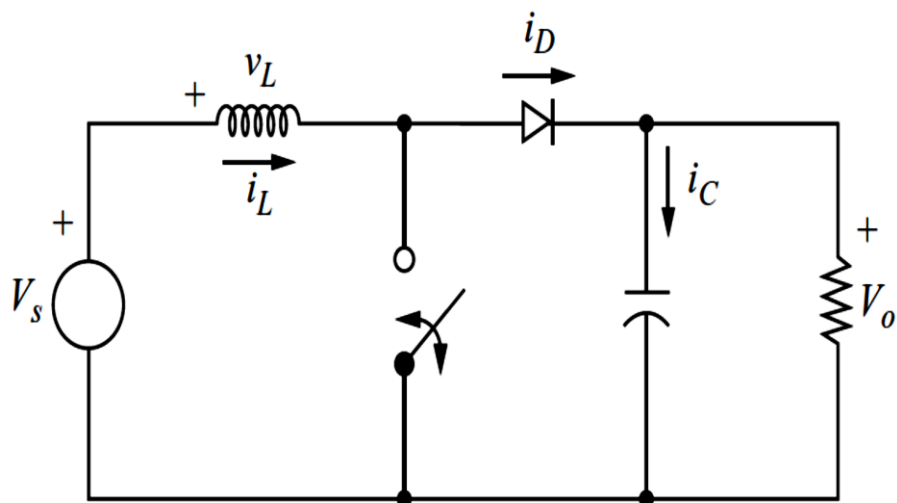
۱. شرایط حالت دائم وجود دارد.

۲. دوره تناوب کلیدزنی T می باشد و کلید برای مدت زمان DT بسته و برای مدت زمان $(1-DT)$ باز است.

۳. جریان سلف پیوسته است (همیشه مثبت است)

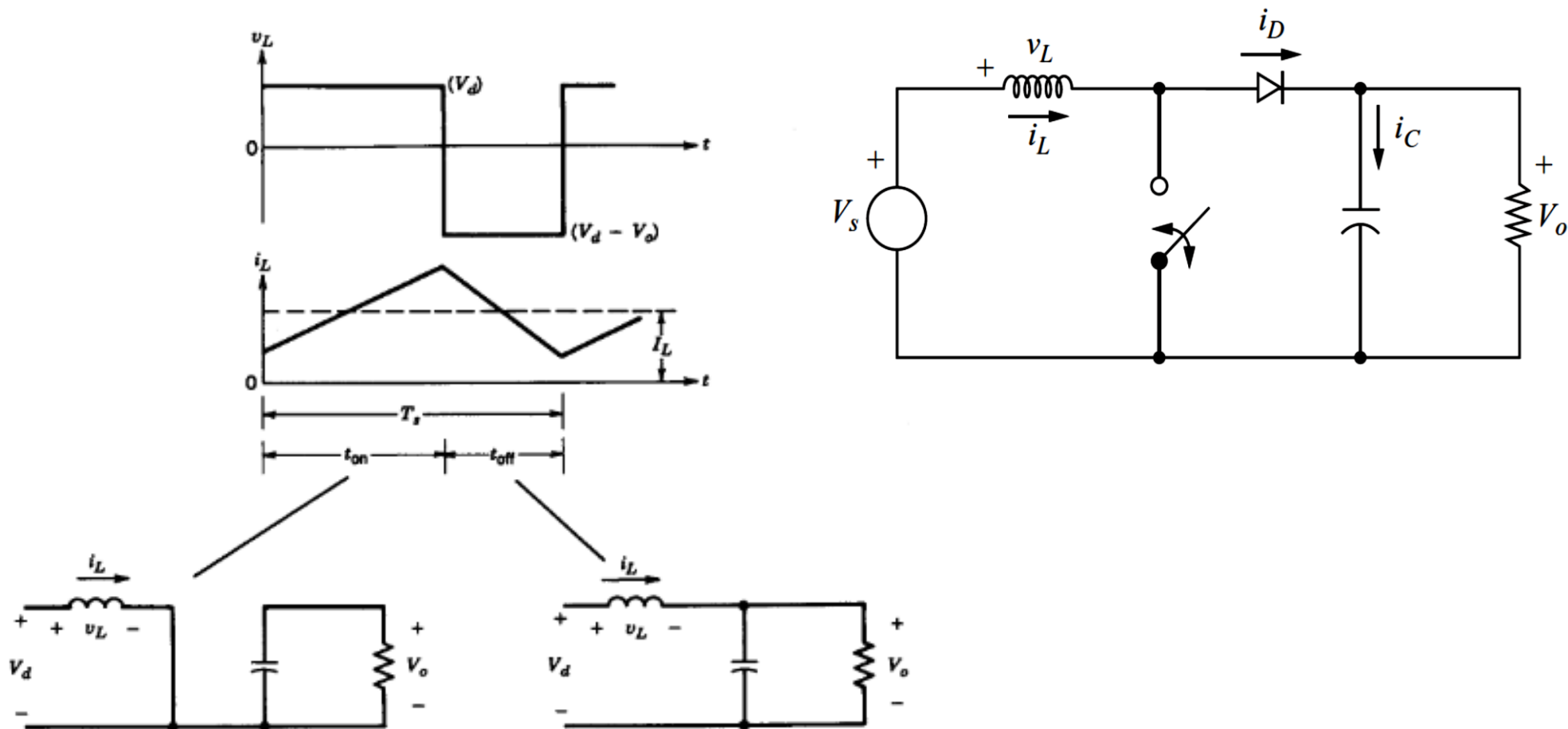
۴. خازن خیلی بزرگ است و ولتاژ خروجی در مقدار ثابت V_o

۵. اجزای ایده آل می باشند.



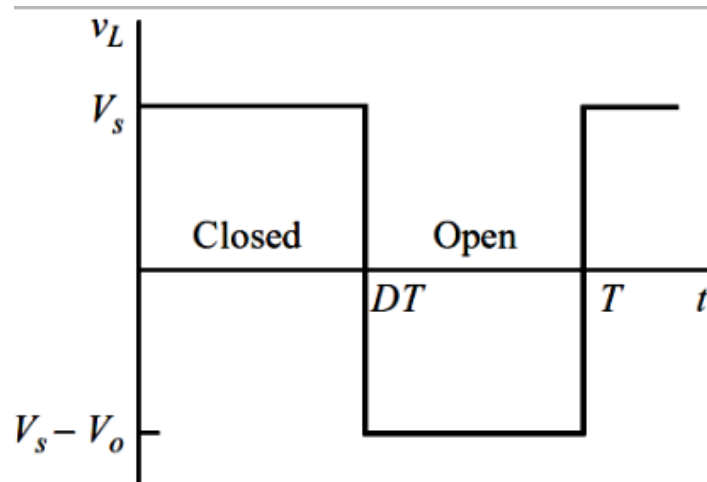
دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشی

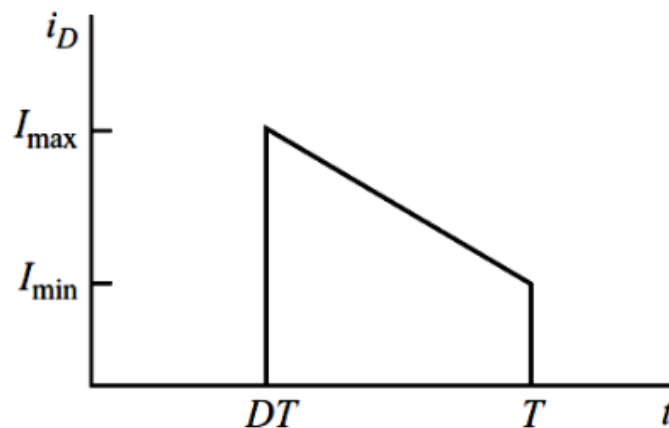


دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

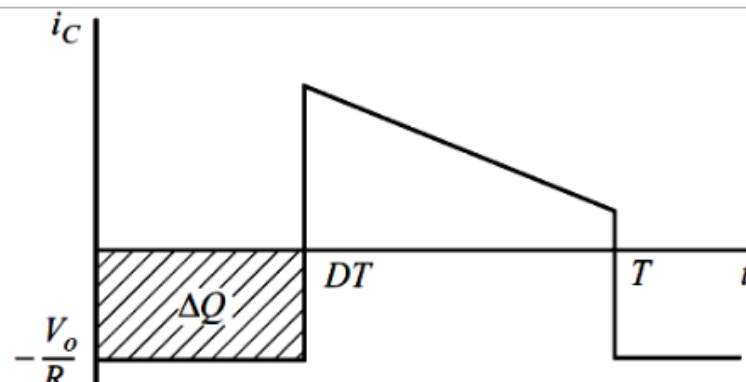
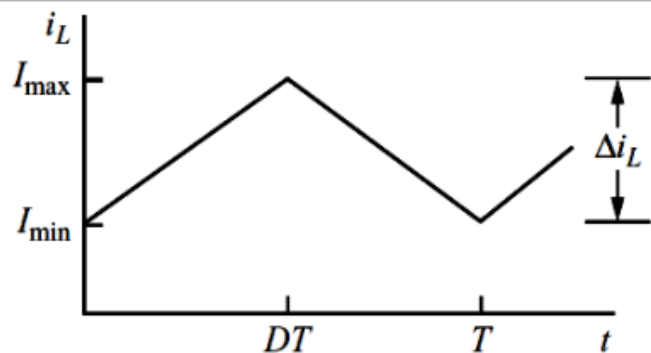
مبدل افزایشی



(الف)



(ب)



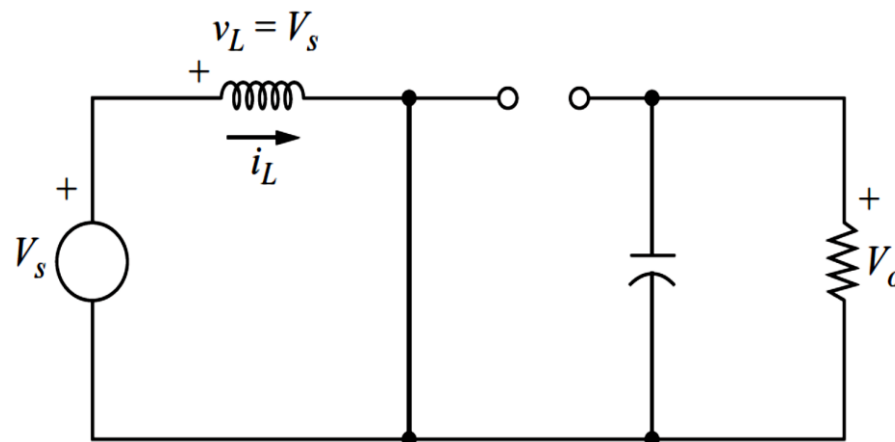
دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

تحلیل برای کلید بسته

$$v_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L}$$

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L}$$

$$(\Delta i_L)_{closed} = \frac{V_s DT}{L}$$



دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشی

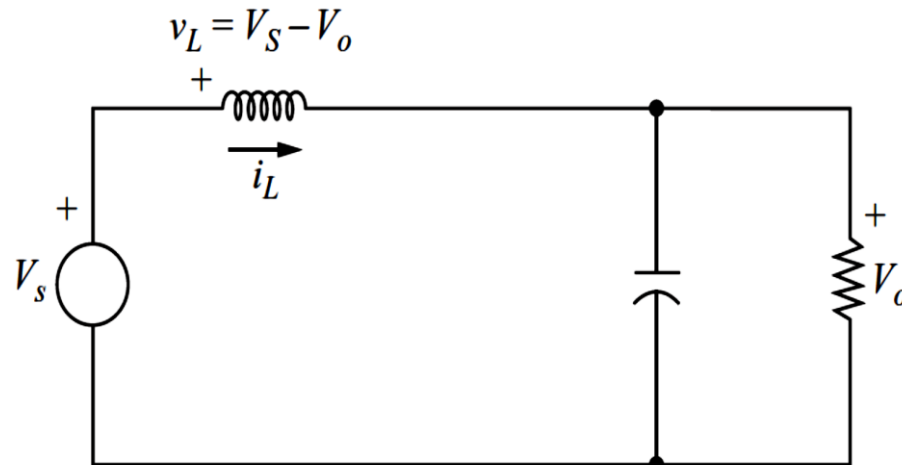
تحلیل برای کلید باز

$$v_L = V_s - V_o = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

$$(\Delta i_L)_{open} = \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L}$$



دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

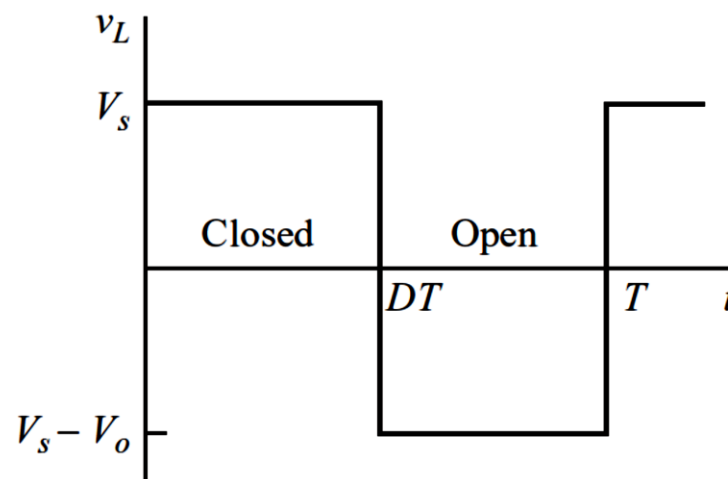
مبدل افزایشی

$$(\Delta i_L)_{closed} + (\Delta i_L)_{open} = 0$$

$$\frac{V_s DT}{L} + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0$$

$$V_s(D+1-D) - V_o(1-D) = 0$$

$$V_o = \frac{V_s}{1-D}$$



$$V_L = V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشی

$$P_o = \frac{V_o^2}{R} = V_o I_o$$

توان ورودی برابر است با $V_s I_s = V_s I_L$.

$$V_s I_L = \frac{V_o^2}{R} = \frac{[V_s / (1-D)]^2}{R} = \frac{V_s^2}{(1-D)^2} R$$

$$I_L = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} = \frac{V_o^2}{V_s R} = \frac{V_o I_o}{V_s}$$

$$I_{\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{V_s D T}{2L}$$

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{V_s D T}{2L}$$

$$I_{\min} = 0 = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{V_s D T}{2L}$$

$$\frac{V_s}{(1-D)^2 R} = \frac{V_s D T}{2L} = \frac{V_s D}{2L f}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

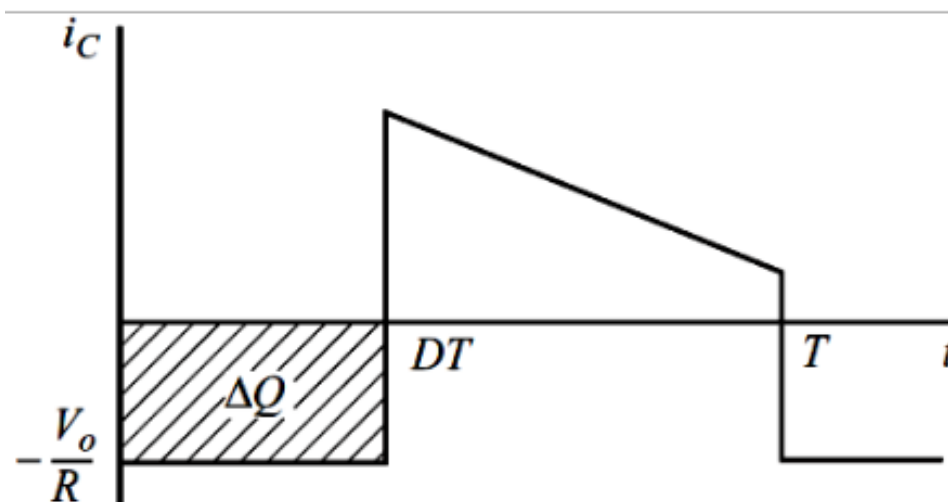
مبدل افزایشی

$$(Lf)_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2}$$

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f}$$

L بر حسب مقدار Δi_L مورد نظر

$$L = \frac{V_s DT}{\Delta i_L} = \frac{V_s D}{\Delta i_L f}$$



$$|\Delta Q| = \left(\frac{V_o}{R} \right) DT = C \Delta V_o$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشده

$$\Delta V_o = \frac{V_o DT}{RC} = \frac{V_o D}{RCf}$$

$$\boxed{\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf}}$$

$$C = \frac{D}{R(\Delta V_o / V_o)f}$$

$$\Delta V_{o,ESR} = \Delta i_C r_C = I_{L,max} r_C$$

مثال ۱

طراحی مبدل افزایشده ۱

یک مبدل افزایشده طراحی کنید که خروجی ۳۰ V را از منبع ۱۲ V تولید کند. طراحی را برای حالت جریان پیوسته انجام دهید و رپل ولتاژ خروجی کمتر از یک درصد باشد. بار یک مقاومت ۵۰ Ω می باشد. برای این طراحی اجزاء را ایده آل فرض کنید.

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۱ (ادامه)

■ حل:

ابتدا نسبت وظیفه را از معادله (۶-۲۷) تعیین کنید.

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} = 1 - \frac{12}{30} = 0.6$$

اگر فرکانس کلیدزنی ۲۵ kHz انتخاب شود

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2(R)}{2f} = \frac{0.6(1-0.6)^2(50)}{2(25,000)} = 96 \mu\text{H}$$

برای تضمین پیوستگی جریان، $L = 120 \mu\text{H}$ در نظر گرفته می شود.

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۱ (ادامه)

$$I_L = \frac{V_s}{(1-D)^2(R)} = \frac{12}{(1-0.6)^2(50)} = 1.5 \text{ A}$$

$$\frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s D T}{2L} = \frac{(12)(0.6)}{(2)(120)(10)^{-6}(25,000)} = 1.2 \text{ A}$$

$$I_{\max} = 1.5 + 1.2 = 2.7 \text{ A}$$

$$I_{\min} = 1.5 - 1.2 = 0.3 \text{ A}$$

حداقل ظرفیت خازن مورد نیاز برای محدود کردن ریپل ولتاژ خروجی به یک درصد

$$C \geq \frac{D}{R(\Delta V_o / V_o)f} = \frac{0.6}{(50)(0.01)(25,000)} = 48 \text{ } \mu\text{F}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۲

طراحی مبدل افزایشده ۲

مبدل افزایشده‌ای مورد نیاز است که ولتاژ خروجی V ۸ داشته باشد و جریان باری را با A ۱ تامین کند. ولتاژ ورودی از ۲٫۷ تا V ۴٫۲ تغییر می‌کند. یک مدار کنترل نسبت وظیفه را بنحوی تنظیم می‌کند تا ولتاژ خروجی را ثابت نگه دارد. فرکانس کلیدزنی را انتخاب کنید. مقدار سلف را به گونه‌ای انتخاب کنید که تغییرات جریان سلف بیشتر از ۴۰ درصد جریان متوسط سلف (در تمام شرایط کاری) نشود. مقدار خازن ایده‌آل را به گونه‌ای انتخاب کنید که رپل ولتاژ خروجی بیشتر از ۲ درصد نشود. حداکثر مقاومت سری معادل خازن را برای رپل ۲ درصد بیابید.

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۲ (ادامه)

■ حل:

فرکانس کلیدزنی ۲۰۰ kHz بصورت دلخواه انتخاب می شود.

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} = 1 - \frac{2.7}{8} = 0.663 \quad I_L = \frac{V_o I_o}{V_s} = \frac{8(1)}{2.7} = 2.96 \text{ A}$$

$$\Delta i_L = 0.4(2.96) = 1.19 \text{ A} \quad L = \frac{V_s D}{\Delta i_L f} = \frac{2.7(0.663)}{1.19(200,000)} = 7.5 \text{ } \mu\text{H}$$

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} = 1 - \frac{4.2}{8} = 0.475 \quad \text{با تکرار معادلات برای } V_s = 4.2 \text{ V}$$

$$I_L = \frac{V_o I_o}{V_s} = \frac{8(1)}{4.2} = 1.90 \text{ A}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۲ (ادامه)

$$\Delta i_L = 0.4(1.90) = 0.762 \text{ A}$$

$$L = \frac{V_s D}{\Delta i_L f} = \frac{4.2(0.475)}{0.762(200,000)} = 13.1 \text{ } \mu\text{H}$$

و مقدار سلف باید $13.1 \text{ } \mu\text{H}$ باشد تا خواسته‌ها را برای کل محدوده ولتاژ ورودی، برآورده سازد.

$$C = \frac{D}{R(\Delta V_o / V_o)f} = \frac{D}{(V_o / I_o)(\Delta V_o / V_o)f} = \frac{0.663}{(8/1)(0.02)(200,000)} = 20.7 \text{ } \mu\text{F}$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۲ (ادامه)

جریان متوسط سلف از $A \ 2/96$ در $V_S=2,7 \ V$ تا $A \ 1/90$ در $V_S=4,2 \ V$ تغییر می کند. تغییرات در جریان سلف $A \ 0/762$ برای $V_S=4,2 \ V$ می باشد. اما باید دوباره برای $V_S=2,7 \ V$ با استفاده از مقدار $13,1 \ \mu H$ محاسبه شود که در نتیجه داریم:

$$\Delta i_L = \frac{V_s D}{Lf} = \frac{2.7(0.663)}{13.1(10)^{-6}(200,000)} = 0.683 \ A$$

حداکثر جریان سلف برای هر دو حالت به صورت زیر محاسبه می گردد.

$$I_{L,max,2.7V} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = 2.96 + \frac{0.683}{2} = 3.30 \ A$$

$$I_{L,max,4.2V} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = 1.90 + \frac{0.762}{2} = 2.28 \ A$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مثال ۲ (ادامه)

این نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات پیک تا پیک جریان در خازن $3/30 \text{ A}$ خواهد بود. ریپل ولتاژ خروجی مربوط به ESR خازن نباید بیشتر از $V_{o,ESR} = 0.16 \text{ V}$ باشد. با استفاده از معادله (۶-۳۶) داریم:

$$\Delta V_{o,ESR} = \Delta i_C r_C = I_{L,\max} r_C = 3.3 r_C = 0.16 \text{ V}$$

که نتیجه می‌دهد:

$$r_C = \frac{0.16 \text{ V}}{3.3 \text{ A}} = 48 \text{ m}\Omega$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشی

مقاومت سلف

سلف‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت کوچکی داشته باشند تا توان تلفاتی را حداقل و بازده را حداکثر کنند. وجود مقاومت کوچک سلف، تغییرات اساسی را در تحلیل مبدل کاهنده که در این فصل مطرح شد، ایجاد نمی‌کند. اما مقاومت سلف بر روی کارایی مبدل افزایشی، بخصوص در نسبت‌های وظیفه بالا، تاثیر می‌گذارد.

$$V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad P_s = P_o + P_{r_L} \quad I_D = I_L(1-D)$$
$$V_s I_L = V_o I_D + I_L^2 r_L \quad V_s I_L = V_o I_L(1-D) + I_L^2 r_L$$

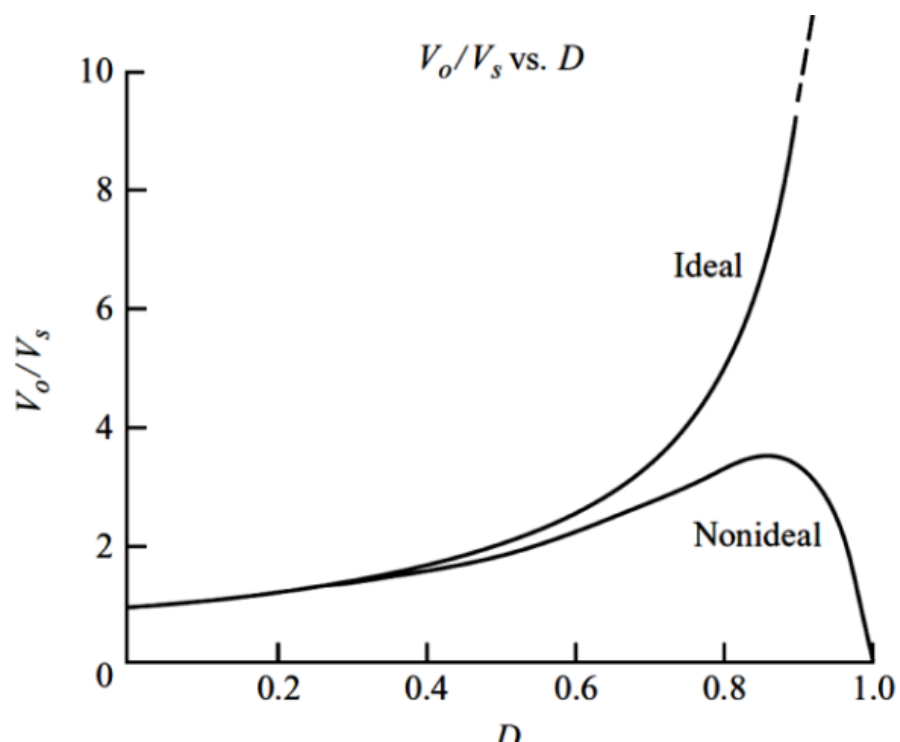
دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

معادله به صورت زیر تبدیل می شود:

$$I_L = \frac{I_D}{1-D} = \frac{V_o / R}{1-D}$$

با قرار دادن I_L در معادله

$$V_s = \frac{V_o r_L}{R(1-D)} + V_o(1-D)$$

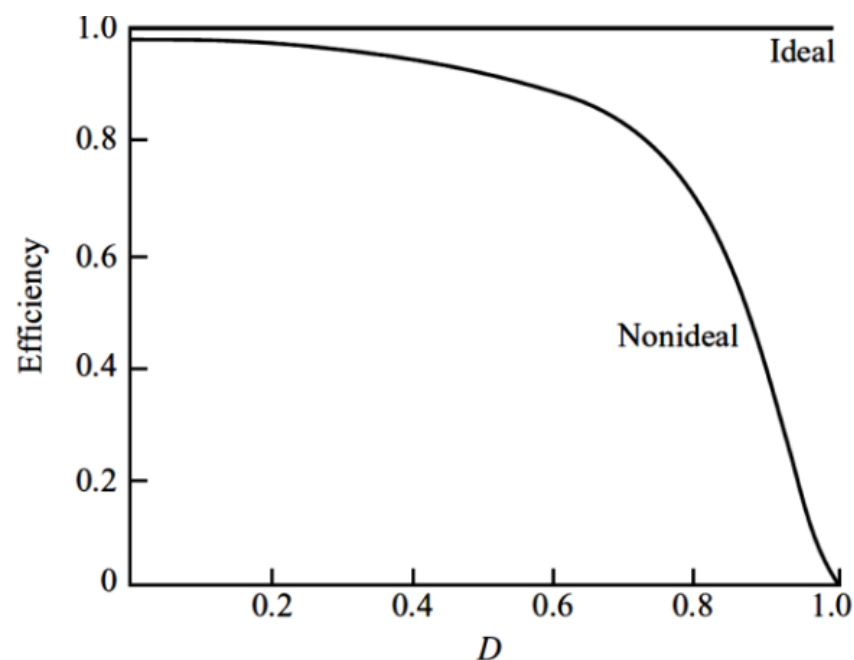


$$V_o = \left(\frac{V_s}{1-D} \right) \left(\frac{1}{1 + r_L / [R(1-D)^2]} \right)$$

دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

مبدل افزایشده

مقاومت سلف همچنین بر روی بازده توان مبدل تاثیر می گذارد. بازده، نسبت توان خروجی به توان خروجی بعلاوه تلفات است. برای مبدل افزایشده داریم:



$$\eta = \frac{P_o}{P_o + P_{loss}} = \frac{V_o^2 / R}{V_o^2 / R + I_L^2 r_L}$$

$$= \frac{V_o^2 / R}{V_o^2 / R + (V_o / R)^2 / (1 - D) r_L}$$