

Basic Buck-Boost Converter — Step-Up/Step-Down DC–DC Conversion

This paper is part of the Power Electronics Learning Portfolio, a self-study documentation series.

Mini Research Paper by Altanbaatar Enkhsuld

November 2025

Хураангуй

Энэ бичвэрт Buck-Boost хөрвүүлэгчийн ажиллагааг судлав. Энэ хэлхээ нь оролтын хүчдэлээс өндөр эсвэл нам гаралтын хүчдэл үүсгэх чадвартай бөгөөд гаралтын туйлшрал нь оролтын газардуулгатай харьцуулахад эсрэг байдаг.

PSIM симуляцид 25 V оролт өгч, үүргийн коэффициентийг 0.3–0.7 хүртэл өөрчлөн ажиллуулсан. Үүрэг D = 0.3 үед ойролцоогоор –11 V гарч buck (буулгалт) ажиллагааг, D = 0.7 үед ойролцоогоор –58 V гарч boost (өсгөлт) ажиллагааг илтгэв. Судалгааны зорилго нь хоёр горимд шилжилтийн хариу, overshoot, мөн индукц L ба конденсатор C-ийн нөлөөг харьцуулах явдал юм.

Оршил

Buck-Boost хөрвүүлэгч нь Buck болон Boost хөрвүүлэгчийн үүргийг нэг хэлхээнд хослуулсан загвар юм. Оролтоосоо өндөр эсвэл нам хүчдэл гаргах боломжтой бөгөөд гаралтын туйлшрал нь оролтынхаас эсрэг чиглэлтэй гардаг. Энэ шалтгаанаар зөөврийн төхөөрөмж, автомотив зэрэг уян хатан хүчдэл шаарддаг хэрэглээнд тохиромжтой.

Энэ судалгаанд хөрвүүлэгчийг PSIM-д open-loop PWM удирдлагаар загварчлав. Оролт 25 V байнгын утгатай, үүрэг 0.3–0.7 хооронд өөрчлөгднө. Хүчдэл, гүйдлийн долгион үзүүлэлтүүдийг харьцуулж, ижил LC тохиргоо buck болон boost мужид хэрхэн өөрөөр ажиллаж байгааг ажиглав.

Ажиллах зарчим

MOSFET асаалттай үед индукцээр оролтын гүйдэл урсаж, соронзон талбай хэлбэрээр энерги хуримтлуулна.

$$V_L = V_{in}$$

MOSFET унтарсан үед индукцийн туйлшрал өөрчлөгднө. Энэ үед индукц конденсатор болон ачаалал руу энергээ буцаан нийлүүлнэ.

$$V_L = V_{in} + V_{out}$$

Тогтмол төлөвийн хүчдэлийн харьцааг дараах томъёо илэрхийлнэ.

$$V_{out} = -\frac{D}{1-D} V_{in}$$

Энд D нь үүргийн коэффициент.

Сөрөг тэмдэг нь гаралтын хүчдэл оролтын газардуулгын эсрэг чиглэлд гарч байгааг илтгэнэ.

Хэлхээний параметрүүд

Параметр	Тэмдэглэгээ	Утга	Тайлбар
Оролтын хүчдэл	V_{in}	25 V	Тогтмол DC эх үүсвэр
Ачааллын эсэргүүцэл	R	5 Ω	Ачаалал
Индукц	L	5 mH	Гүйдлийн өсөлт/бууралтыг тодорхойлно
Конденсатор	C	200 μF	Гаралтын долгион багасгана
Солбилицлын давтамж	f_s	20 kHz	Долгион, хариу хугацаанд нөлөөлнө
Үүрэг	D	0.3 / 0.7	Buck болон Boost горимын туршилтын цэгүүд

Ижил параметрүүд ашигласнаар хоёр горимын ялгааг шууд харьцуулах боломж бүрдэв.

Симуляцийн үр дүн

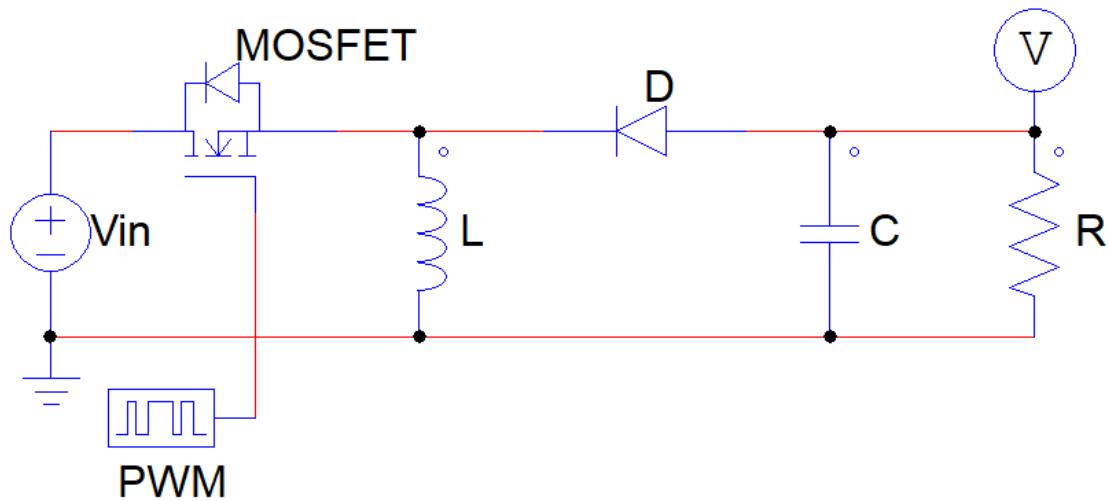


Figure 1

(a) Buck — $D = 0.3$

Үүрэг үед гаралт ойролцоогоор -11 V тогтвортжив.

Гаралтын өсөлт хурдан байсан ч эхэн үед богино overshoot илэрсэн. Индуksийн дундаж гүйдэл ~3 A байсан (Figure 2).

(b) Boost — D = 0.7

Үүрэг үед гаралт -58 V орчимд хүрсэн.

Гаралт зөөлөн өсөж, overshoot бараг илрээгүй. Ripple маш бага байсан (Figure 3). Индукцийн дундаж гүйдэл ~ 38 A болсон. Энэ нь үүрэг өндөр байх үед хүчний тэнцвэрийг хадгалахын тулд гүйдэл огцом нэмэгдэгийг харуулна.

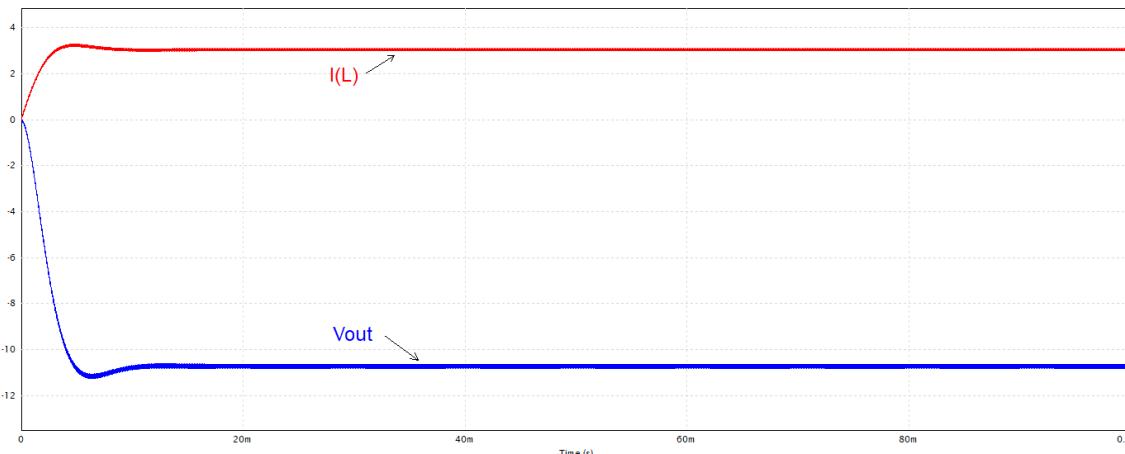


Figure 2 Buck горим

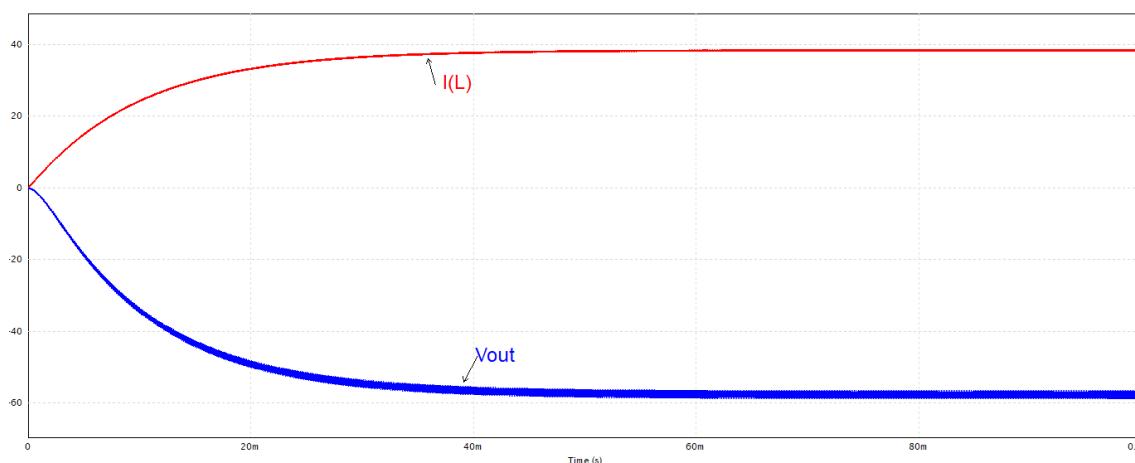


Figure 3 Boost горим

Хэлэлцүүлэг

Ижил L, C, R утгууд ашигласнаар хоёр горимын шилжилтийн шинж чанар тодорхой ялгаатай байгааг харуулсан.

Buck горимд оролтоос конденсатор руу шууд энерги дамждаг тул эхний өсөлт хурдтай, overshoot үүсэх хандлагатай.

Boost горимд энерги индукуц → диод → конденсатор дамжих тул дампинг сайжирч, өсөлт жигд, тогтвортой болсон.

Иймээс ганц пассив LC тохиргоо buck болон boost хоёрт хоёуланд нь хамгийн оновчтой байх боломжгүй. Хоёр горимд ижил тогтвортой байдлыг хангахын тулд closed loop удирдлагын хэрэгцээ илэрхий харагдсан.

ДҮГНЭЛТ

PSIM симуляци нь Buck-Boost хөрвүүлэгчийн хоёр талт ажиллагааг баталлаа.

D = 0.3 үед гаралт -11 V орчимд overshoot-той, D = 0.7 үед -58 V гаралттай, жигд өсөлттэй гарсан.

Параметрүүдийг өөрчлөхгүйгээр buck болон boost горимд ижил тогтвортой байдлыг хангах боломж хязгаартай.

Дараагийн мини судалгаанд soft-start бүхий closed loop удирдлагыг хэрэгжүүлж overshoot-ийг бууруулах хөгжүүлэлтийг авч үзнэ.