

Basic Boost Converter — Step-Up 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

Энэхүү судалгаагаар хүчдэлийг үр ашигтай өсгөдөг DC–DC хувиргагчийн нэг төрөл болох Boost хувиргагчийн үндсэн ажиллагаа болон гүйцэтгэлийн шинж чанарыг судлав.

PSIM симуляц ашиглан 25 V оролтыг нээлттэй PWM удирдлагын горимд өсгөж, хүчдэлийн өсөлт ба шилжилтийн хариуг судлав.

Мөн үүргийн харьцаа 0.3, 0.5, 0.7 үед симуляц хийж, үүргийн харьцаа нь гаралтын хүчдэл, долгион, тогтвортой байдалд хэрхэн нөлөөлдгийг шинжилсэн.

Үр дүнгээс үзэхэд индукц, конденсатор, унтраалгын давтамж нь хувиргагчийн динамик хариу, пульсаци болон нийт гүйцэтгэлийг тодорхойлох гол хүчин зүйл болох нь батлагдсан.

Оршил

Boost хувиргагч нь бага хүчдэлийг өндөр хүчдэл болгон хувиргадаг DC–DC хувиргагчийн суурь бүтэц юм.

Унтраалга асаалттай үед индукц энерги хадгалж, унтраалттай үед хадгалсан энергийг диодоор дамжуулан гаралт руу нийлүүлдэг.

Энэхүү судалгаанд PSIM симуляц ашиглан Boost хувиргагчийг загварчилж, үүргийн харьцаа, индукц, конденсаторын утга нь гаралтын хүчдэл, асаалтын хариу болон долгионы жигд байдалд хэрхэн нөлөөлдгийг шинжилсэн.

Ажиллагааны үндсэн зарчим

Ажиллах горим

Унтраалга **АСАХ** үед индукц оролтоос энерги хуримтлуулж, диод урвуу чиглэлтэй тул ачааллаас тусгаарлагдана.

$$V_L = V_{in}$$

Унтраалга **УНТРАХ** үед индукцэд хадгалагдсан энерги нь диодоор дамжин ачаалал руу нийлж, оролтын хүчдэлд нэмэгдэнэ.

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

Ингэснээр гаралтын дундаж хүчдэл үүргийн харьцаанд шууд хамааралтайгаар өсдөг.

Жишээлбэл, оролт 25 V үед үүргийн харьцааг 0.3-аас 0.7 болгоход гаралтын хүчдэл ойролцоогоор 36 V-оос 80 V хүртэл өсдөг.

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

Симуляцийн параметрууд

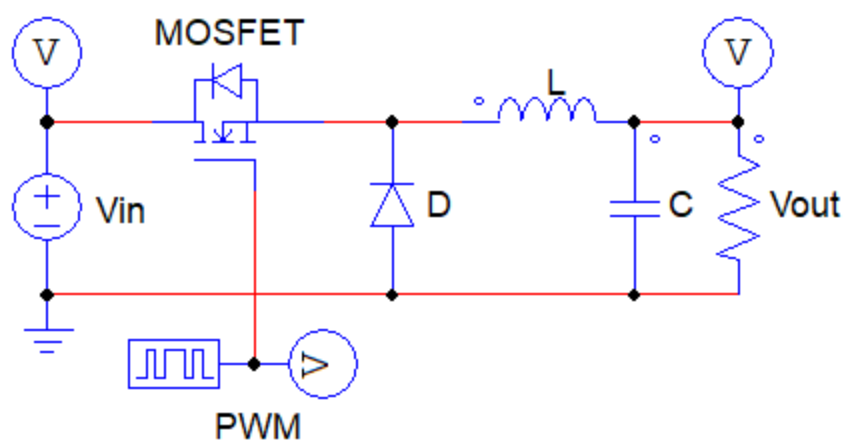
ПАРАМЕТР	ТЭМДЭГЛЭГЭЭ	УТГА	ТАЙЛБАР
ОРОЛТЫН ХҮЧДЭЛ	Vin	25 V	Хангамжийн хүчдэл
АЧААЛЛЫН ЭСЭРГҮҮЦЭЛ	R	5 Ω	Ачааллыг илэрхийлнэ
ИНДУКЦ	L	1 mH	Гүйдлийн пульсацийг хянадаг
КОНДЕНСАТОР	C	100 μ F	Гаралтын хүчдэлийг жигдэлдэг
УНТРААЛГЫН ДАВТАМЖ	fs	20 kHz	Пульсаци ба алдагдлыг тодорхойлдог
ҮҮРГИЙН ХАРЬЦАА	D	0.3 / 0.5 / 0.7	Хүчдэл өсгөх харьцааны туршилтын утгууд

Эдгээр параметруудийг долгионы хэлбэрийг тод ажиглах, пульсацийг дунд түвшинд барих, тогтвортой ажиллагааг хангах зорилгоор сонгосон.

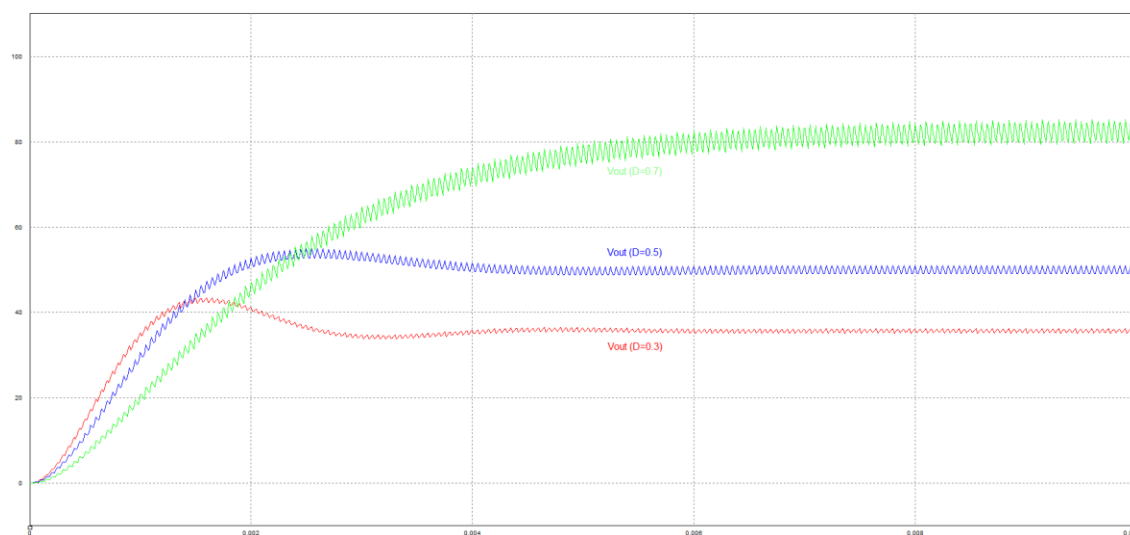
Симуляцийн үр дүн

PSIM симуляцийн хэлхээг 1-р зурагт, үүргийн харьцаа түс бүрийн гаралтын хүчдэл болон индукцийн гүйдлийн долгионыг 2 ба 3-р зурагт харуулсан.

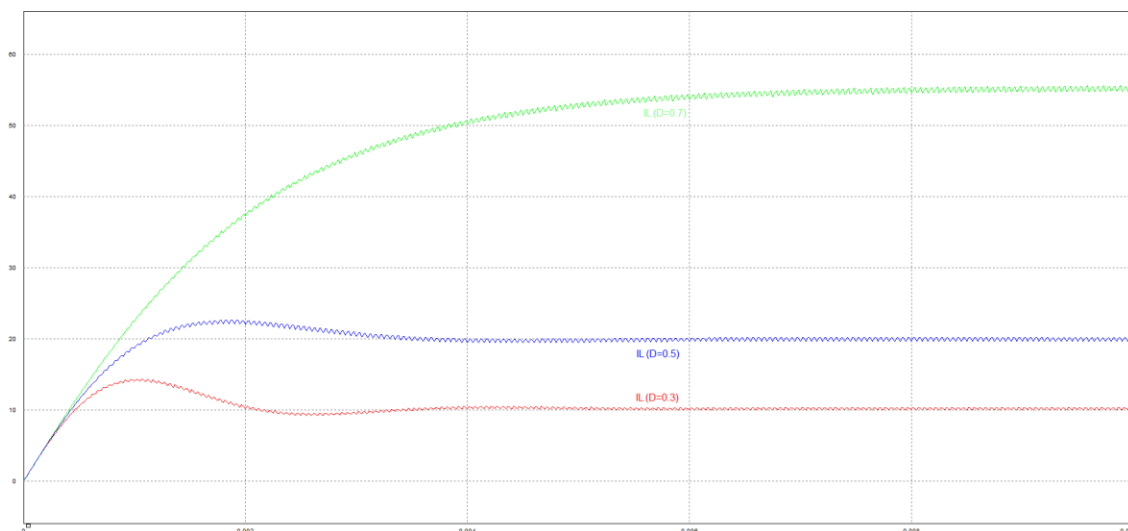
- D = 0.3 үед гаралтын хүчдэл ойролцоогоор 36 V орчимд тогтворжсон.
- D = 0.5 үед гаралтын хүчдэл ойролцоогоор 50 V-д хүрсэн.
- D = 0.7 үед гаралтын хүчдэл ойролцоогоор 82 V хүртэл өссөн.
- Индукцийн гүйдэл үүргийн харьцаа ихсэхийн хэрээр өсөж, өндөр үүргийн үед илүү өндөр оргил утгатай болсон.
- Хүчдэлийн пульсаци дунд түвшинд байсан ч өндөр үүргийн харьцаанд өсөлтийн хугацаа уртсаж байв.



Зураг 1 PSIM симуляцийн хэлхээ



Зураг 2 $D = 0.3, 0.5, 0.7$ үүргийн харьцаанд гаралтын хүчдэлийн долгионы хэлбэрийн харьцуулалт



Зураг 3 $D = 0.3, 0.5, 0.7$ үүргийн харьцаанд индукцийн гүйдлийн долгионы хэлбэрийн харьцуулалт

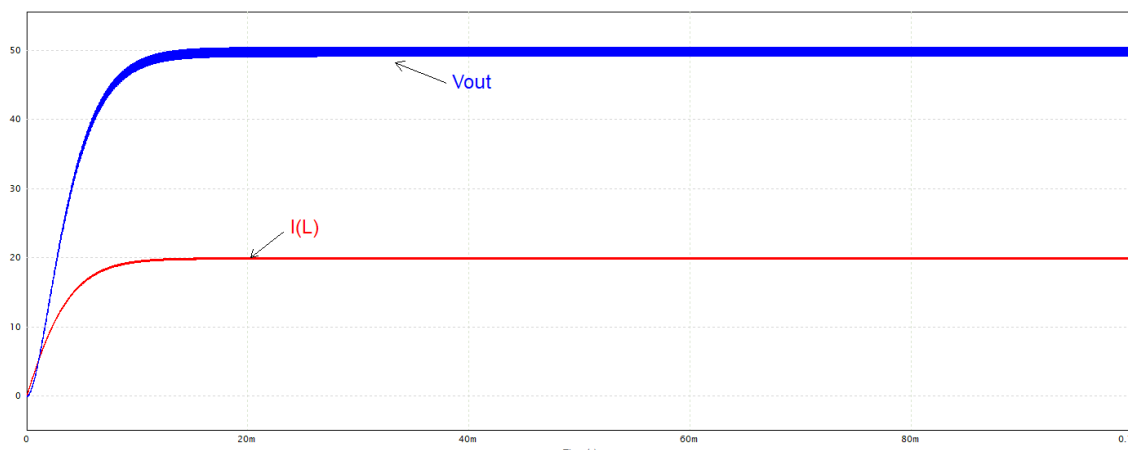
Хэлэлцүүлэг

Үр дүнгээс үүргийн харьцаа болон гаралтын хүчдэлийн хоорондын хамаарал тодорхой харагдсан. Үүргийн харьцаа ихсэхэд унтраалгын асаалттай үед индукц илүү их энерги хадгалж, унтраалттай үед илүү их энерги дамжуулж, улмаар гаралтын хүчдэл нэмэгддэг.

Харин үүргийн харьцаа 0.6-аас дээш үед цэнэглэх хугацаа уртасч, нэг мөчлөгт дамжуулах энерги нэмэгдсэнээр хэт өсөлт ба индукцийн гүйдлийн ачаалал нэмэгддэг.

Нэмэлт туршилтаар дараах зүйлс батлагдсан. (4-р зурагт харуулсан.)

- Том индукц ($L = 5 \text{ мН}$) нь гүйдлийн пульсаци ба хэт өсөлтийг багасгадаг боловч хариу удааширдаг.
- Том конденсатор ($C = 200 \text{ мФ}$) нь хүчдэлийн пульсацийг бууруулдаг ч тогтворжилт бага зэрэг удааширдаг.
- Унтраалгын давтамжийг нэмэгдүүлэх нь системийн даралтыг сайжруулж, асаалтын хариуг жигд болгодог.



Зураг 4

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Boost хувиргагчийн хүчдэл өсгөх үндсэн ажиллагааг баталгаажуулж, үүргийн харьцаа нь гаралтын хүчдэл ба шилжилтийн шинж чанарт хэрхэн нөлөөлдгийг харууллаа. 25 V оролтын үед 0.3, 0.5, 0.7 үүргийн харьцаанд тус бүр ойролцоогоор 36 V, 50 V, 82 V гаралт гарсан.

Үүргийн харьцаа ихсэхэд хүчдэлийн өсөлт нэмэгдэхийн зэрэгцээ индукцийн гүйдлийн ачаалал ба хэт өсөлт ихэсдэг.

Индукц, конденсатор, унтраалгын давтамжийн зөв хослол нь асаалтын хариу ба гаралтын тогтвортой байдлыг мэдэгдэхүйц сайжруулдаг.

Ирээдүйд хаалттай удирдлагын систем (closed-loop control) болон soft-start хяналтыг ашигласнаар янз бүрийн ачаалал ба оролтын нөхцөлд илүү тогтвортой, хэт өсөлтгүй ажиллагааг хангах боломжтой.