

# Хос чиглэлт чадлын урсгал бүхий тогтмол хүчдэл хувиргуурын судалгаа, хөгжүүлэлт

Б.Төрмандах

Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн тэнхим  
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,  
Инженерчлэлийн Сургууль  
Монгол Улсын Их Сургууль  
b.turmandakh45@gmail.com

О.Цэнд-Аюуш

Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн тэнхим  
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,  
Инженерчлэлийн Сургууль  
Монгол Улсын Их Сургууль  
o.tsendayush@gmail.com

Д.Баясгалан

Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн тэнхим  
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,  
Инженерчлэлийн Сургууль  
Монгол Улсын Их Сургууль  
dbsgln@gmail.com

*Хураангуй*—Байгалийн нөөцийн тогтворгүй шинж чанар нь эрчим хүчний хэрэглээг сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрээр хангах шийдлийн томоохон асуудал болдог. Эрчим хүчний хуримтлуур (ЭХХ) ашиглан энэ асуудлыг даван туулахад чадлын хувиргуур зайлшгүй шаардлагатай. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд бага чадлын (1 кВт) ЭХХ-ыг цэнэглэх зориулалттай өсгөх/бууруулах (buck/ boost) горимд ажиллах хос чиглэлт чадлын урсгал бүхий тогтмол хүчдэл хувиргуурын хэлхээнд дүн шинжилгээ хийн загварчилж, симуляци болон туршилтын үр дүнд харьцуулалт хийнэ. Судалж буй хэлхээний тооцооны үр дүнг чадлын электроникийн Пауэрсим симуляцийн програм ашиглан гаргах ба туршилтын загварын гаралтын хүчдэл, гүйдлийн лугшилтын далайцыг хэмжиж харьцуулна. Системийг удирдлагын гэдрэг холбооны хэлхээгээр удирдахад гаралтын хүчдлийн тогтвортой чанар илүү сайжирах, мөн ЭХХ-ын эдэлгээний хугацааг уртасгах, гүйдэл, хүчдлийн лугшилтыг бууруулах, нэгж бүрдэл хэсгээр гүйх гүйдлийн ачааллыг багасгах зэрэг үр дүнг хувиргуурыг олон фазтай болгон өргөтгөж харуулна.

*Түлхүүр үг*— чадлын хувиргуур, эрчим хүчний хуримтлуур, өсгөх-бууруулах хувиргуур, хос чиглэлт чадлын урсгал.

## I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд дэлхийн дулаарал, хүлэмжийн хийн ялгарал, цаг уурын өөрчлөлт, агаарын бохирдол гэх мэт шалтгаанаас улбаалан сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрийг ашиглан эрчим хүчний хэрэглээг хангах зорилт бүхий олон судалгаа хийгдэж байна. Нар, салхи зэрэг нь байгалийн хүчин зүйлээс хамаарсан тогтвортой бус шинж чанартай эх үүсвэрүүд. Харин эрчим хүчний хэрэглээ өөрөө найдвартай байдлыг шаарддаг нь байгалийн нөөцийн шинж чанартай уялдахгүй байна. Иймд хэрэглээ болон нөөцийн хоорондох үл зохицлыг эрчим хүчний хуримтлуур ашиглан даван туулахад чадлын хувиргуурууд зайлшгүй шаардлагатай.

Эрчим хүчний үүсгүүрийн гаралттай шууд холбогдон ажиллах боломжгүй төхөөрөмжийг ажиллах нөхцлөөр хангах ажлыг чадлын хувиргуур

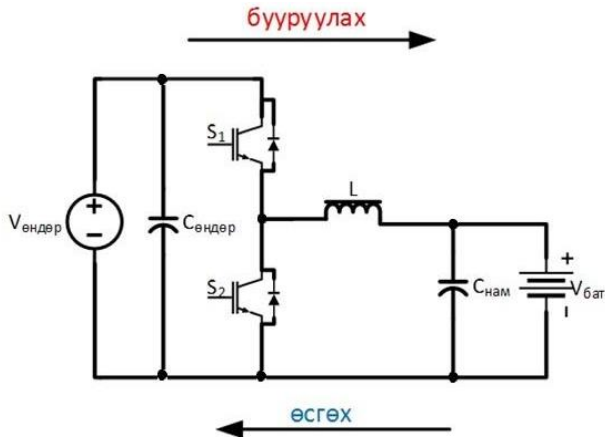
гүйцэтгэдэг. Бас тогтмол болон хувьсах хүчдлийг хооронд нь хувиргахаас эхлээд эрчим хүчийг нэг төрлөөс нөгөө төрөл рүү хувиргах, эсвэл далайц болон давтамжийг өөрчилдөг. Хувиргуурын төрөл нь хувьсах хүчдлийн далайцыг өөрчилдөг энгийн трансформатороор хязгаарлагдахгүйгээр илүү нарийн төвөгтэй системүүдийг хамардаг. Хувиргуурыг оролт болон гаралт дахь хүчдлийн хэлбэрээс нь хамааруулан DC/DC хувиргуур, DC/AC хувьсгуур, AC/AC хувиргуур, AC/DC шулуутгуур гэсэн төрлүүдэд ангилна. Мөн дээрх төхөөрөмжүүд нь дан болон олон фазын хэлхээтэйгээр загварчлагдаж болно. Түлхүүрийн горимд чадлын хувиргуур ашиглан хувиргалт хийх нь чадлын электроникийн үндсэн чиглэл болно[1].

## II. ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ ХЭЛХЭЭ

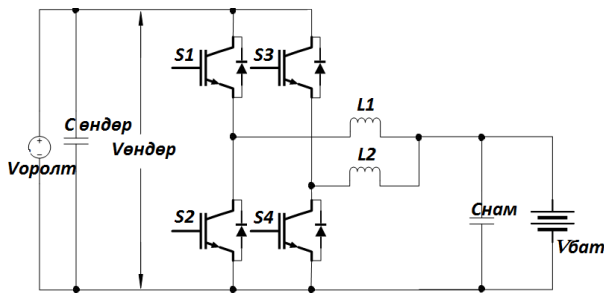
### A. Үндсэн хэлхээ

Зураг 1-д туршилт, судалгаа хийх хувиргуурын хэлхээг харуулсан ба нам талд ЭХХ, өндөр талын тогтмол хүчдэлийн шугам дээр анхдагч эх үүсвэр болох түлшний элемент, генераторын багц, шугамын хүчдлийн шулуутгуур байж болох ба энергийн буфер болох өндөр давтамжийн конденсатор байна. Мөн өндөр талын тогтмол хүчдлийн шугам нь үндсэн ачаалал болох инвертер, хөдөлгүүрийн удирдлага болон цахилгаан машины хэрэглээрүү чадлын урсгалыг гарган эрчим хүчээр хангах зам болно. Харин хос чиглэлт чадлын урсгал бүхий тогтмол хүчдэл хувиргуур нь аль ч чиглэлд чадлын урсгалыг дамжуулах чадамжтай учир нам болон өндөр хүчдлийн шугамын хооронд байрлана.

Автомашин болон тогтвортой эрчим хүчний системийн хэрэглээнд ЭХХ нь үндсэн эх үүсвэр бэлэн болохоос урьтаж хурдан асалтыг хийдэг. Энэ үед хувиргуур өсгөх(boost) горимд ажиллана. Харин ЭХХ-ын цэнэг багассан тохиолдолд цэнэглэхийн тулд бууруулах(buck) горимд ажиллах болно[2].



Зураг 7. Туршилт, судалгааны хэлхээ



Зураг 2. Хоёр фазын хувиргуурын хэлхээ

S1, S2 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) хагас дамжуулагч түлхүүрүүд нь өсгөх болон бууруулах аль ч төлөвт ажиллах чадамжийг үүсгэж байгаа ба түлхүүр тус бүр эсрэг чиглэлдээ зэрэгцээ холбогдсон диодтой байна. Энэ нь сул эргэлтийн үед гүйдлийг гүйлгэх зорилготой. Ороомгийн хувьд өсгөх төлөвт ажиллаж байгаа тохиолдолд өсгөх ороомгийн үүргээр, эсрэг төлвөөр ажиллаж байхад нам давтамжийн шүүлтүүрийн үүргээр ажиллана. Сөндөр болон Снам багтаамж элементүүд тодорхой далайцтай лугшилт бүхий тогтмол хүчдлийг толийлгох болон энерги хадгалах үүрэгтэй. Мөн ЭХХ-ын наслалтыг уртасгах, гаралтын тогтмол хүчдлийн хэлбэлзлийг стандарт хэмжээнд хүртэл багасгах болон нэгж бүрдэл хэсгээр гүйх гүйдлийн далайцыг бууруулах зэрэг давуу талуудыг бий болгох зорилгоор хоёр фазын хувиргуурын хэлхээг авч үзсэн ба Зураг 2-д бүдүүвчийг харууллаа.

**В. ХУВИРГУУРЫН АЖИЛЛАГААНЫ ЗАРЧИМ**

S1 болон S2 хагас дамжуулагч түлхүүрүүд нь ажиллаж буй горимоос хамаараад үндсэн болон туслах түлхүүрийн үүргээр удирдлагын дохионы дагуу ажиллана.

*Бууруулах горимын ажиллагаа:*

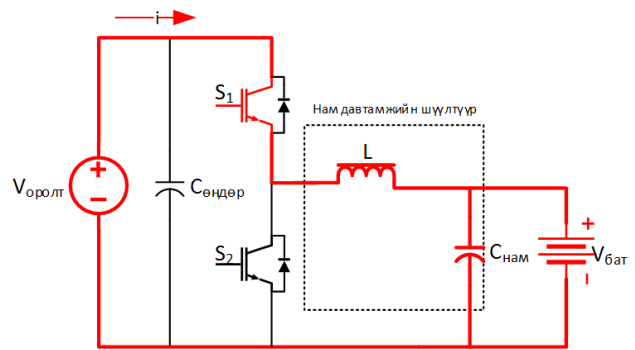
Бууруулах горимд ЭХХ-ыг цэнэглэж байгаа эсвэл ачааллыг хангах үед S1 идэвхитэй үндсэн түлхүүрийн үүргээр, S2 хаалттай байх учир диодын хэлбэрээр ажиллааанд оролцоно. S1 түлхүүрийн удирдлагын дохио логик нэг утгатай болох үед S1 түлхүүр нээгдэж, нам хүчдлийн талд холбогдсон ЭХХ цэнэглэгдэж эхэлнэ. Бууруулах төлөвт ажиллаж буй хувиргуурын хэлхээг Зураг 3 болон 4-т харуулсан болно. Эсрэгээрээ

логик тэг түвшин ирэхэд үндсэн түлхүүр хаагдаж ороомгийн гүйдэл диодоор дамжин гүйх ба багтаамж цэнэгээ алдаж ачааллыг хангана.

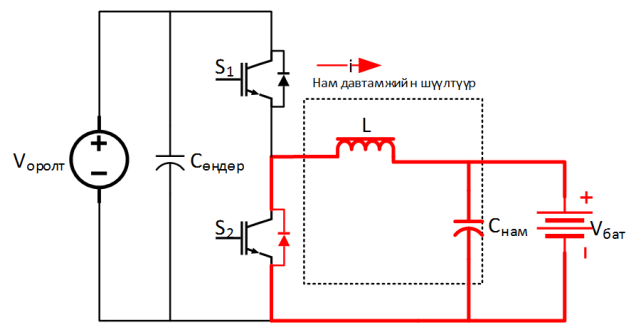
*Өсгөх горимын ажиллагаа:*

Өсгөх горимд буюу ЭХХ-ыг цэнэг алдуулж, хүчдлийг өсгөх горимд ажиллаж байх үед S1 түлхүүр хаалттай байж, зөвхөн диодын үүргээр хэлхээнд оролцох бол S2 түлхүүр үндсэн түлхүүрийн үүргийг гүйцэтгэнэ. Удирдлагын S2 түлхүүрийн дохио логик нэг түвшинд ирэхэд түлхүүр нээгдэж оролт болон гаралтын хэсгүүд диодоор хоорондоо тусгаарлагдаж, ороомгийг индукцална.

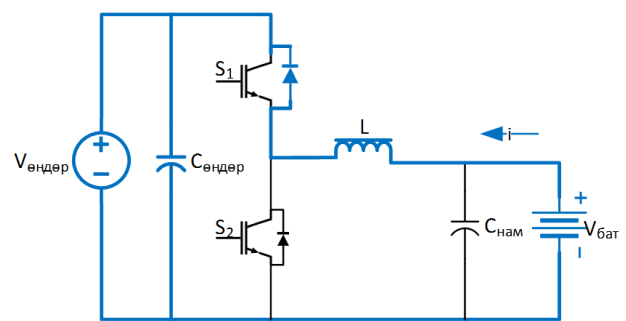
Эсрэг тохиолдолд оролтын хүчдэл болон ороомгийн хүчдлийн нийлбэр хүчдэл нь гаралтанд кгарна. Зураг 5 болон 6-д өсгөх төлөвт ажиллаж буй үеийн ажиллагааг харууллаа.



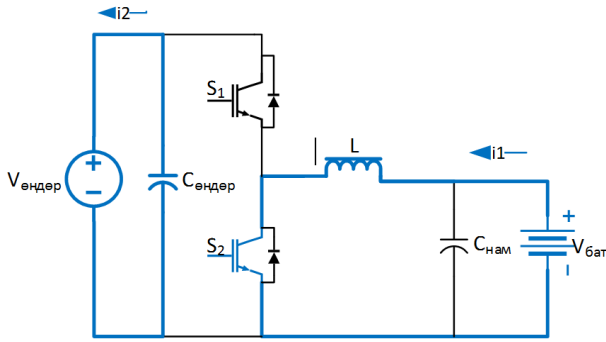
Зураг 3. Бууруулах горимд ажиллах хувиргуурын үндсэн түлхүүр нээлттэй төлөвт харгалзах хэлхээ



Зураг 8. Бууруулах горимд ажиллах хувиргуурын үндсэн түлхүүр хаалттай төлөвт харгалзах хэлхээ



Зураг 9. Өсгөх горимд ажиллах хувиргуурын үндсэн түлхүүр нээлттэй төлөвт харгалзах хэлхээ



Зураг 6. Өсгөх горимд ажиллах хувиргуурын үндсэн түлхүүр хаалттай төлөвт харгалзах хэлхээ

### III. ЧАДЛЫН ХУВИРГУУРЫН ЗАГВАРЧЛАЛ, СИМУЛЯЦИ

Туршилтын хэлхээний хувьд өсгөх болон бууруулах горимд чадлын урсгалаа удирдах чадамжтай учир өндөр талаас нам тал руу чадлын урсгалтай буюу бууруулах горим, мөн эсрэг чиглэлд өсгөх буюу нам талаас өндөр талруу чадлын урсгалтай ажиллах үеийг тус тусад нь загварчилсан болно.

#### A. Өсгөх горим ын загварчлал

Өсгөх горимд ажиллах хувиргуурын загварчлалыг Зураг 1-д харуулсан хэлхээний дагуу гүйцэтгэсэн ба доорхи параметруудийн утгуудыг жагсаан бичсэн болно. Нам талын хүчдлийг удирдлагын тэгш өнцөгт дохионы өргөнөөс хамааруулан өсгөж гаргах ба уг загварчлалын хувьд 48 В-оос 100 В хүртэл өсгөнө.

- Системийн давтамж:  $f_s = 26426 \text{ Hz}$ ,
- Оролтын хүчдэл:  $V_{in} = 48 \text{ V}$ ,
- Гаралтын хүчдэл:  $V_{out} = 100 \text{ V}$ ,
- Чадал:  $P_{out} = 1000 \text{ W}$ ,
- Өсгөлт:  $V_{out}/V_{in} = 1/1-D$ ,
- Тэгш өнцөгт дохионы өргөн:  $D = 52 \%$ ,
- Ороомгийн утга:  $L = 2 \text{ mH}$ ,
- Багтаамжийн утга:  $C = 940 \text{ uF}$ .

#### B. Бууруулах горим ын загварчлал

Бууруулах горимд ажиллах хувиргуурын хувьд системийн ажиллах давтамж өсгөх горимтой адил ба хувиргалтын хувьд эсрэгээрээ 100 В-оос 48 В хүртэл ЭХХ-ыг цэнэглэх хүчдлийг гаргана. Системийн параметруудийн жагсаалтыг доор орууллаа. Өсгөх болон бууруулах аль ч горимд системийн давтамжийг багтаамж болон индукцлагч элементээс хамаарч, гаралт талын хүчдэл болон гүйдлийн лугшилтыг харьцангуй бага байхуйцаар загварчилсан[3].

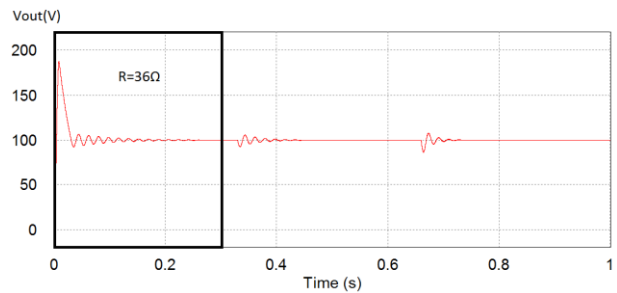
- Системийн давтамж:  $f_s = 26426 \text{ Hz}$ ,
- Оролтын хүчдэл:  $V_{in} = 100 \text{ V}$ ,
- Гаралтын хүчдэл:  $V_{out} = 48 \text{ V}$ ,
- Чадал:  $P_{out} = 1000 \text{ W}$ ,
- Өсгөлт:  $V_{out} = V_{in} * D$ ,
- Тэгш өнцөгт дохионы өргөн:  $D = 48 \%$ ,
- Ороомгийн утга:  $L = 2 \text{ mH}$ ,
- Багтаамжийн утга:  $C = 470 \text{ uF}$ .

#### C. Гэдрэг холбоогүй хэлхээний симуляци

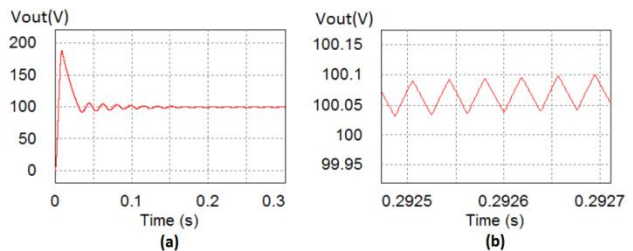
Өсгөх горимд ажиллах хувиргуурын гэдрэг холбоогүй хэлхээний симуляцийн үр дүн:

Зураг 1-т харуулсан хэлхээ бүхий хувиргуурын өсгөх горимд ажиллах удирдлагын гэдрэг холбоогүй хэлхээний симуляцийг PSIM симуляцийн програмаар гүйцэтгэж, үр дүнг гаргаж авсан. Зураг 7-д 36 Ом ачаалалтай буюу 278 Вт чадал гаргаж буй үр дүнг харуулсан ба Зураг 8(а)-д хугацааны 0-0.3 сек хоорондын интервалыг, Зураг 8(б)-д тогтворжсон үеийн гаралтын хүчдлийн лугшилтыг тус тус тодорхой харуулсан болно.

$V_{out(max)} - V_{out(min)} = \Delta V_{out}$  илэрхийллийн дагуу гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $V_{out} = 0:0807 \text{ V}$ ,  
 $I_{out(max)} - I_{out(min)} = \Delta I_{out}$  илэрхийллийн дагуу гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $I_{out} = 0:0023 \text{ A}$ ,  
 Хувиргуурын ачаалал:  $R = 36\Omega$ ,  $V_{out} * I_{out} = P_{out}$  илэрхийллийн дагуу Чадал:  $P_{out} = 278 \text{ Вт}$  байна.

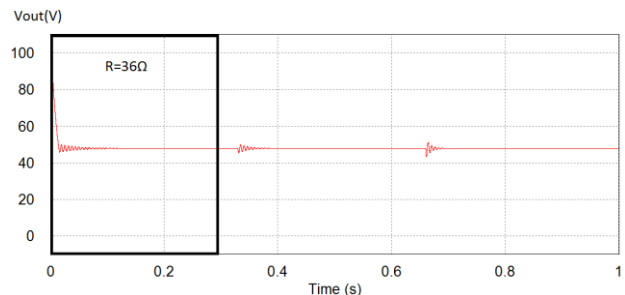


Зураг 10. Өсгөх горимд 36 Ом ачаалалтай буюу 278 Вт чадал гаргаж буй хувиргуурын гаралтын хүчдлийн тогтворжилт

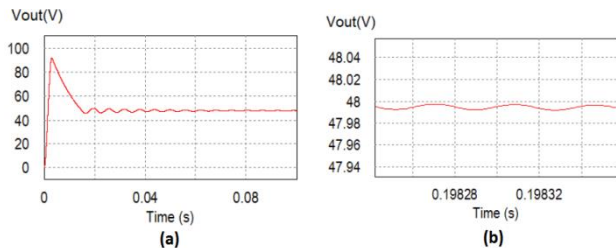


Зураг 8. Хувиргуурын 36 Ом ачаатай үеийн гаралтын хүчдлийн тогтворжилт болон лугшилт. (а)хугацааны 0-0.3 сек хүртэлх интервал, (б)гаралтын хүчдлийн лугшилт

Бууруулах горимд ажиллах хувиргуурын гэдрэг холбоогүй хэлхээний симуляцийн үр дүн:



Зураг 9. Бууруулах горимд 36 Ом ачаалалтай буюу 64 Вт чадал гаргаж буй хувиргуурын гаралтын хүчдэлийн тогтворжилт



Зураг 10. Бууруулах горимд 36 Ом ачаатай ажиллаж буй үеийн хувиргуурын гаралтын хүчдлийн тогтворжилт болон лугшилт, (a) хугацааны 0-0.3 секундын интервал, (b) гаралтын хүчдлийн лугшилт

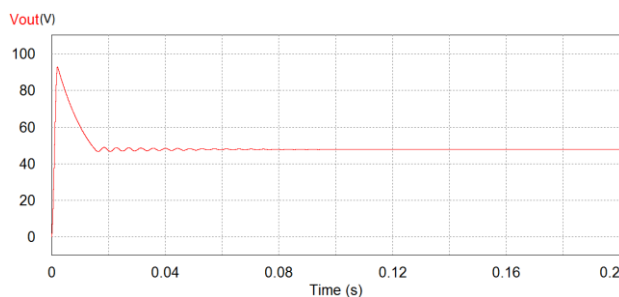
$V_{out(max)} - V_{out(min)} = \Delta V_{out}$  илэрхийллийн дагуу  
 Гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $\Delta V_{out} = 0.0051 \text{ V}$ ,  
 $I_{out(max)} - I_{out(min)} = \Delta I_{out}$  илэрхийллийн дагуу  
 Гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $\Delta I_{out} = 0.0002 \text{ A}$ ,  
 Хувиргуурын ачаалал:  $R = 36 \Omega$ ,  $V_{out} * I_{out} = P_{out}$   
 илэрхийллийн дагуу Чадал:  $P_{out} = 64 \text{ Вт}$ .

*Хоёр фазын хувиргуурын удирдлагын гэдэрэг холбоогүй хэлхээний симуляцийн үр дүн:*

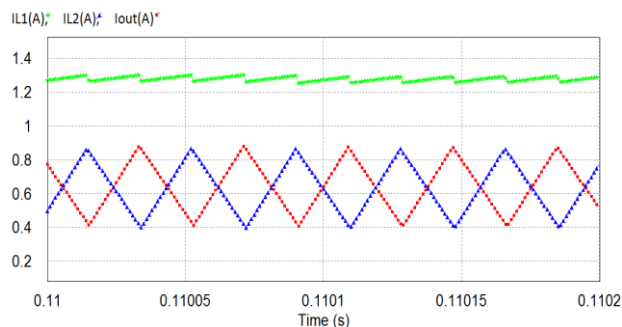
Чадлын хувиргуурыг олон фазын болгож өргөтгөсөнөөр гаралтын хүчдэл, гүйдлийн лугшилтын утгыг фазын тоо дахин бууруулах, мөн нэгж бүрдэл хэсэг дээр ирэх гүйдлийн ачааллыг фазын тоо дахин бууруулах, ЭХХ-ын наслалтыг уртасгах гэх мэт олон давуу талыг олгодог. Нэгж бүрдэл хэсэг дээр ирэх гүйдлийн ачаалал буурсанаар илүү жижиг, бага чадлын бүрдэл хэсэг ашиглах боломжтой болох тул эдийн засагт ч мөн адил хэмнэлттэй байна. Үүн дээр үндэслэн Зураг 1-д үзүүлсэн нэг фазын хувиргуурын хэлхээг өргөтгөн Зураг 2-д харуулсан хоёр фазын хэлхээ болгон өргөтгөж PSIM симуляцийн програмыг ашиглан үр дүнг гарган авсан болно. Зураг 11-д хоёр фазын хэлхээний гаралтын хүчдлийн график, Зураг 12-т фаз тус бүрийн гүйдэл болон гаралтын ерөнхий гүйдлийн графикийг орууллаа[4].

*Өсгөх горимд ажиллах хувиргуурын удирдлагын гэдэрэг холбоотой хэлхээний симуляцийн үр дүн:*

Удирдлагын хүчдэл болон гүйдлийн гэдэрэг холбоо бүхий хэлхээгээр хувиргуурыг удирдсанаар даалгаврын утгыг тохируулах болон гаралтын лугшилтыг буулгах гэсэн давуу талуудыг олгох юм. Зураг 13-д харуулсан графикаас үзэхэд эсэргүүцлийн хэмжээ өндөр байхад гаралтын хүчдлийн лугшилтын утга болон тогтворжих хугацаа буурч байна. Харин даалгаврын утгыг нэмсэнээр лугшилтын утга мөн нэмэгдэх шинж чанартай байгаа нь харагдаж байна. Зураг 14-д өсгөх төлөвт ажиллах хувиргуурын даалгаврын утгыг 0.5 секунд гэсэн хугацааны агшинд нэмсэн графикийг оруулсан. Харин тухайн хугацааны ашгин дахь даалгаврын утганд харгалзах гаралтын хүчдэл, гүйдлийн лугшилт болон эсэргүүцлийн утгыг доор оруулсан болно.



Зураг 11. Хоёр фазын болгон өргөтгөсөн хувиргуурын гаралтын хүчдлийн хэлбэр



Зураг 12. Фаз тус бүрийн ороомгийн болон нийлбэр гүйдлийн график

Зураг 13-т даалгаврын утга:  $V_{ref} = 120 \text{ V}$  байхад харгалзах гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $\Delta V_{out} = 0.5033 \text{ V}$ , гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $\Delta I_{out} = 0.0139 \text{ A}$ , хувиргуурын ачаалал:  $R = 9 \Omega$ . Харин даалгаврын утга:  $V_{ref} = 100 \text{ V}$  байхад харгалзах гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $\Delta V_{out} = 0.2106 \text{ V}$ , гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $\Delta I_{out} = 0.0059 \text{ A}$ , хувиргуурын ачаалал:  $R = 18 \Omega$  хэмжээтэй байгаа.

*Бууруулах(buck) горимд ажиллах хувиргуурын удирдлагын гэдэрэг холбоотой хэлхээний симуляцийн үр дүн:*

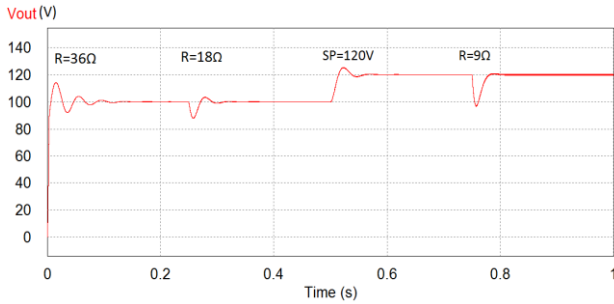
Бууруулах хувиргуурын хувьд мөн өсгөх горимд ажиллах удирдлагын гэдэрэг холбооны хэлхээтэй ижил бүтэц бүхий хэлхээг ашиглан симуляцийн үр дүнг гарган авсан болно. Зураг 15-д харуулсан байгаачлан бууруулах горимд ажиллах удирдлагын гэдэрэг холбооны хэлхээтэй хувиргуурын тухайн үеийн даалгаврын утга, эсэргүүцлийн хэмжээ болон гаралтын хүчдлийн графикийг харуулсан болно. Тухайн хугацааны ашгин дахь даалгаврын утганд харгалзах гаралтын хүчдэл, гүйдлийн лугшилт болон эсэргүүцлийн утгыг доор оруулсан болно.

Даалгаврын утга:  $V_{ref} = 48 \text{ V}$  байхад харгалзах гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $\Delta V_{out} = 0.0053 \text{ V}$ , гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $\Delta I_{out} = 0.0003 \text{ A}$ , хувиргуурын ачаалал:  $R = 36 \Omega$  байна.

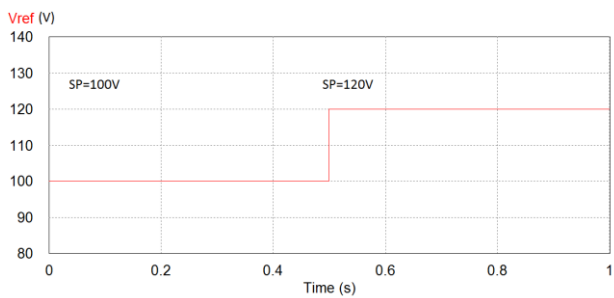
Харин хувиргуурын ачаалал:  $R = 18 \Omega$  болж багасах үед гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $\Delta V_{out} = 0.0053 \text{ V}$ , гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $\Delta I_{out} = 0.0003 \text{ A}$  хэвээр байсан.

Даалгаврын утга:  $V_{ref} = 56 \text{ V}$ -д харгалзах гаралтын хүчдлийн лугшилт:  $\Delta V_{out} = 0.0053 \text{ V}$ , гаралтын гүйдлийн лугшилт:  $\Delta I_{out} = 0.0006 \text{ A}$ , хувиргуурын

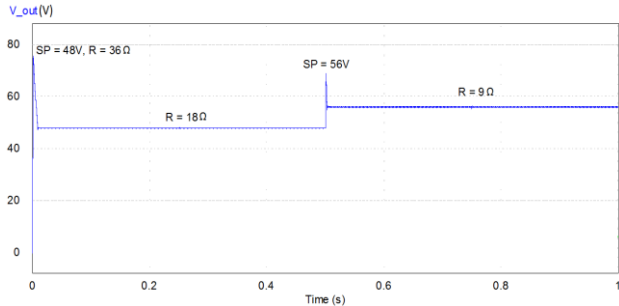
ачаалал:  $R = 9\Omega$  болсон. Энэ нь ачааллын хэмжээ өөрчлөгдсөнтэй холбоотойгоор лугшилт өссөн.



Зураг 13. Даалгаврын утга болон ачааллын хэмжээг өөрчилсөн тохиолдолд ажиллах тогтворжилтын график



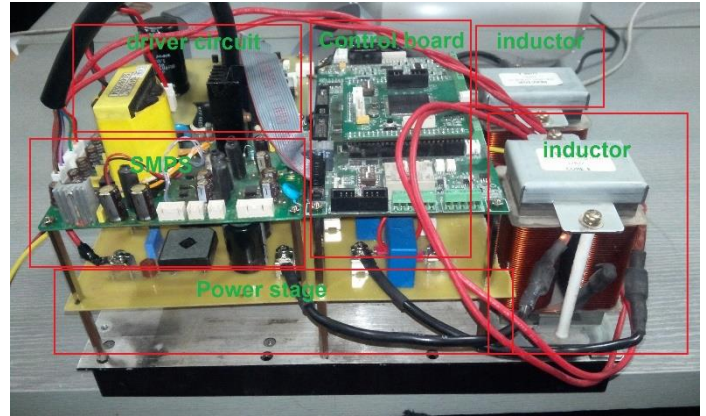
Зураг 14. Өсгөх горимд ажиллах хувиргуурын даалгаврын утгыг 0.5 сек гэсэн хугацааны агшинд нэмсэн график



Зураг 15. Бууруулах горимд ажиллах удирдлагын гэдрэг холбооны хэлхээтэй хувиргуурын тухайн үеийн даалгаврын утга, эсэргүүцлийн хэмжээ болон гаралтын хүчдлийн график



Зураг 16. Туршилтын системийн бүдүүвч

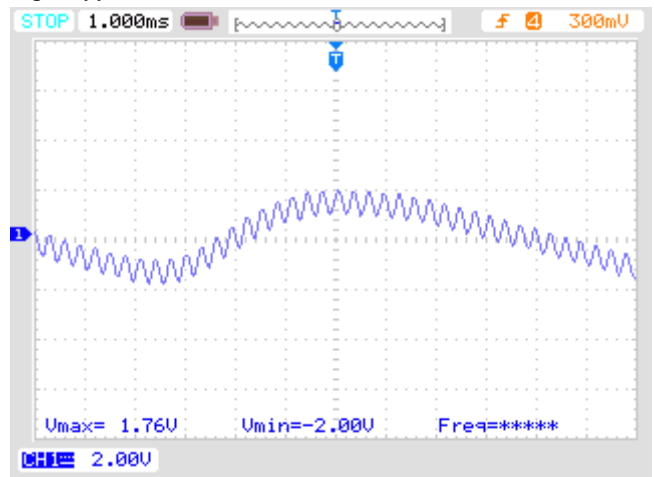


Зураг 17. Хос чиглэлт чадлын урсгал бүхий тогтмол хүчдлийн хувиргуур

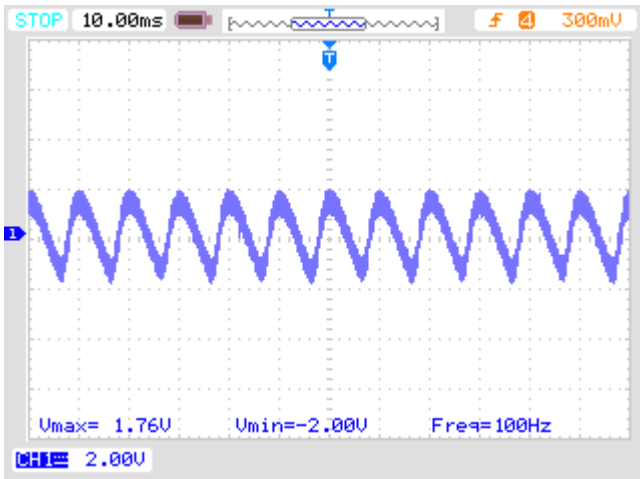
#### IV. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

Зураг 16-д туршилтын системийн бүдүүвчийг үзүүлсэн бөгөөд удирдлагын хавтан, чадлын хэсэг, түлхүүрийн горимт тэжээлийн үүсгүүр, хагас дамжуулагч түлхүүрийн удирдлагын хэлхээ гэсэн ерөнхий хэсгүүдээс бүрдэнэ.

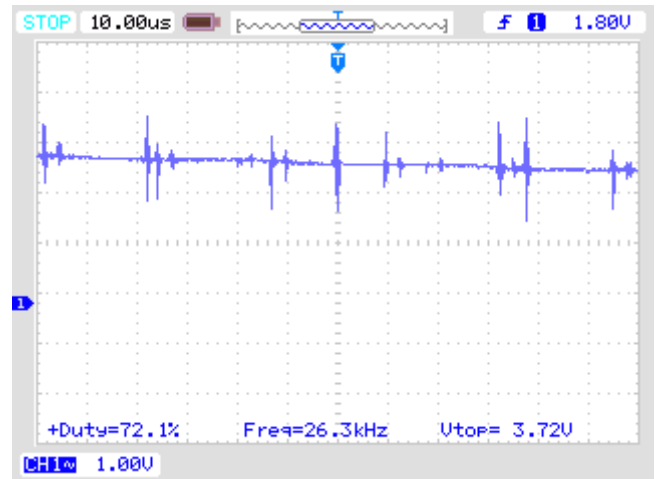
Чадлын хувиргуурын удирдлагын хавтан, түлхүүрийн хэлхээ, чадлын хэсэг тус бүрийг Altium designer хэвлэмэл хавтангийн зураг гаргадаг програм дээр зурсан. Чадлын хувиргуурын өндөр талын оролтын тогтмол хүчдлийн шулуутгуур бүхий хоёр фазын хувиргуурын хэлхээ, оптик тусгаарлагч бүхий чадлын IGBT транзисторын удирдлагын хэлхээг тус тус ашигласан. Зураг 17-д чадлын хувиргуурын бодит системийн бүрдэл хэсгүүдийг ялган харуулсан ба бага чадлын буюу 1 кВт чадалтай хэрэглээнд ашиглагдахаар загварчлагдсан. Түлхүүрийн горимт тэжээлийн үүсгүүр нь хувиргуурын хагас дамжуулагч түлхүүрүүдийг удирдахад зориулсан 15 В далайц бүхий гурван гаралт, 5 В далайцтай удирдлагын хавтанг тэжээх нэг, нийт дөрвөн тусгаарлагдсан гаралтуудтай.



(a)



(b)



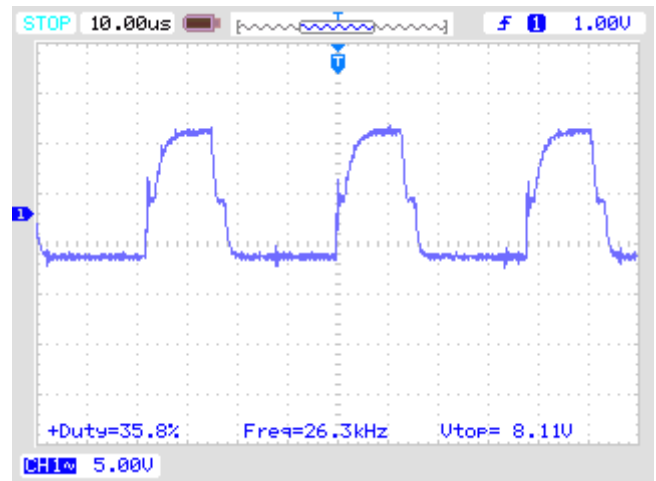
(b)

Зураг 18. Бууруулах горимд удирдлагын гэдэрэг холбоогүй, 3.4 кГц давтамжид ажиллаж буй хувиргуурын гаралтын лугшилт,(a) 1 мс, (b)10 мс

Хос чиглэлт чадлын урсгал бүхий тогтмол хүчдэл хувиргуурын туршилтыг өсгөх болон бууруулах, мөн удирдлагын гэдэрэг холбоотой болон холбоогүй байдлаар хийсэн. Зураг 18-д чадлын хэлхээг бууруулах горимд 3.4 кГц давтамжтай удирдлагын дохиотойгоор тест хийж байгаа үеийн гаралтын хүчдлийн лугшилтыг хугацааны шилжилттэй байдлаар харуулсан зургуудыг орууллаа.

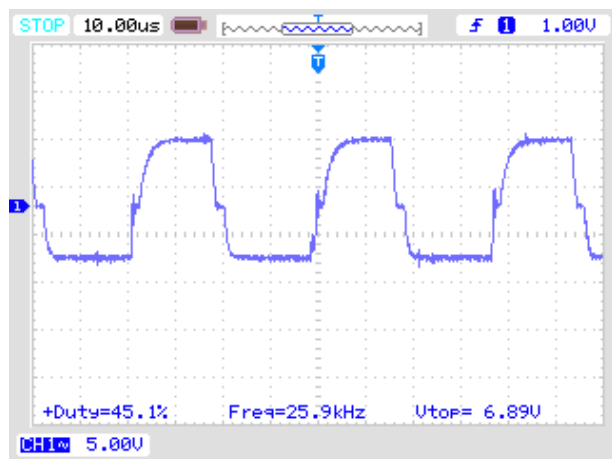
Хувиргуурын өндөр талын оролтын тогтмол хүчдлийг сүлжээний 50 Гц давтамж, 220 В далайцтай хувьсах хүчдлээс шулуутган, толийлгож гаргасан тул үүнээс шалтгаалан үүссэн 100Гц бүхий лугшилттай тогтмол хүчдэл нь гаралтанд гарсан муу үр дүн үзүүлсэн.

Нэг фазын хүчдэл болон гүйдлийн давхар гэдэрэг холбоо бүхий хэлхээг бууруулах горимд туршсан. Даалгаврын утгыг тогтмол 48 В, оролтын хүчдлийг 60 В, 80 В, 100 В гэсэн утгуудаар өөрчлөн туршиж гаралтын тогтворжилтыг гаргасан. Оролтын хүчдэлд харгалзах удирдлагын дохио болон гаралтын лугшилтын графикийг Зураг 19-д харуулсан болно. Туршилтын үр дүнгээс гаралтын хүчдлийн далайц нэмэгдэхэд лугшилт нэмэгдэж байгааг харах боломжтой.

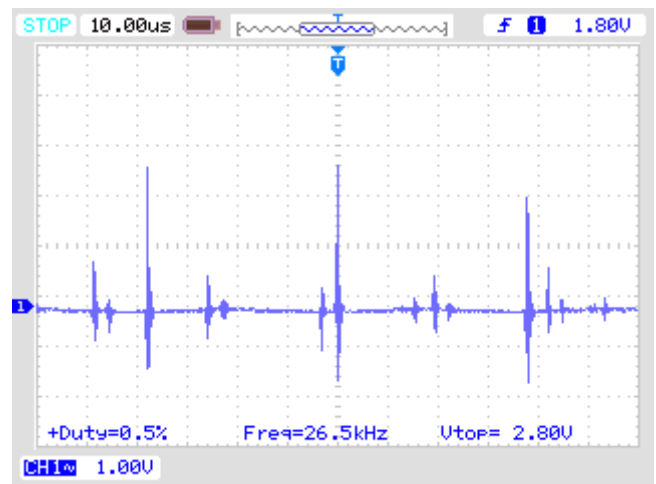


(c)

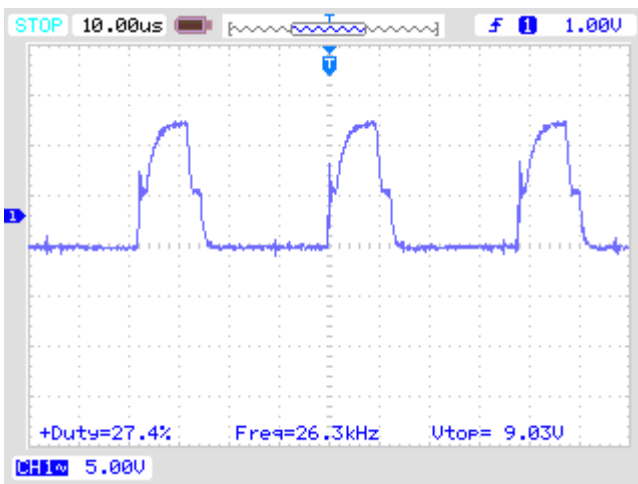
Мөн 3.4 кГц давтамж бүхий удирдлагын дохиогоор ажилласан туршилтын графиктай харьцуулахад өндөр давтамжийн шуугиан болон хэмжүүрийн багажны алдаа зэргээс шалтгаалан дохионд спарк үүссэн байгаа нь харагдаж байна.



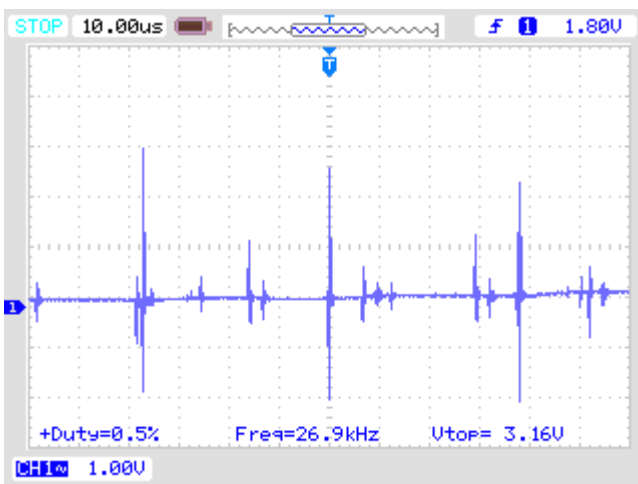
(a)



(d)



(e)



(f)

Зураг 19. Удирдлагын гэдрэг холбоо бүхий хувиргуурыг бууруулах горимд туршсан үр дүн, (а) удирдлагын дохио, оролтын хүчдлийн далайц 60 В, (с) 80 В, (е) 100 В, (b) гаралтын хүчдлийн лугшилт, хугацааны хуваарь 10 мкс(60), (d) 10 мкс(80), (f) 10 мкс(100)

## ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд ашиглах бүрдэл хэсгийн тоо цөөнтэй, эрчим хүчний хуримтлуурыг цэнэглэх болон цэнэг алдуулах удирдлагад ашиглахад тохиромжтой хос чиглэлт чадлын урсгал бүхий тогтмол хүчдэл хувиргуурыг авч үзсэн.

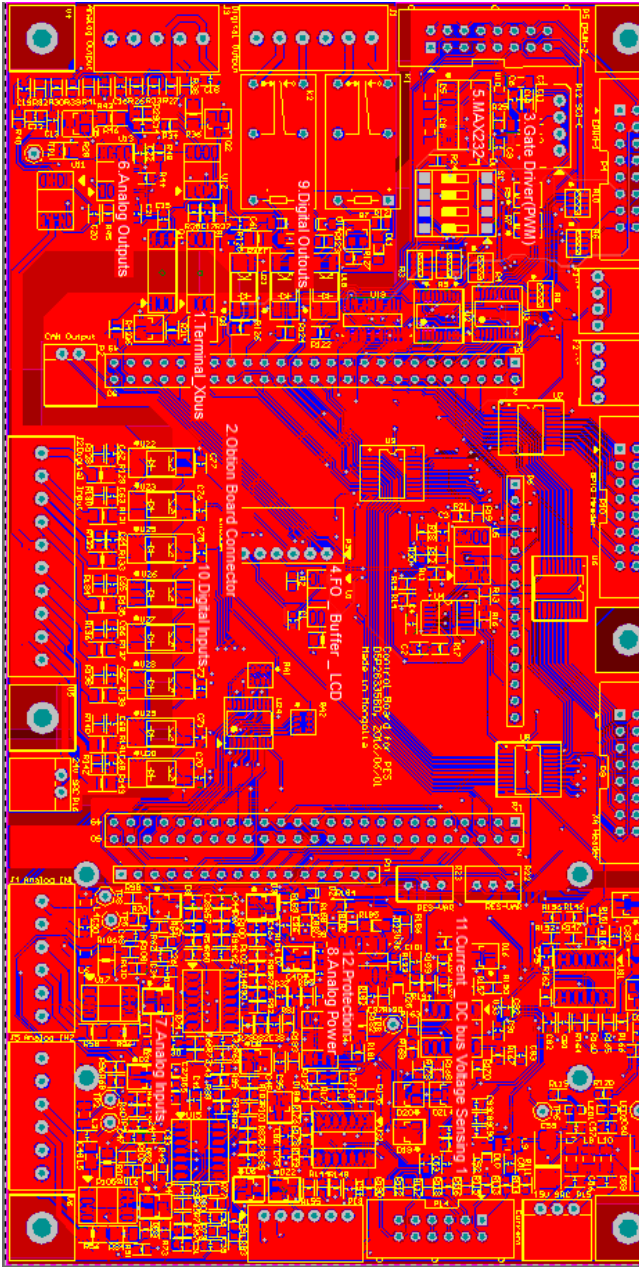
Системийг бага чадлын хэрэглээнд (1 кВт), гаралтын хүчдэл, гүйдлийн лугшилтын утгыг стандарт (NEMA PE5-1996) хэмжээнд байхаар загварчилсан. Чадлын электроникийн PSIM симуляцийн програмыг ашиглан тооцооны утгуудыг гарган авсан. Ингэхдээ удирдлагын гэдрэг холбоотой болон холбоогүй хэлхээг симуляци хийн чухал параметруудийг хэмжин дүн шинжилгээ хийн харьцуулсан.

Хувиргуурыг олон фазын болгон өргөтгөсөнөөр нэгж бүрдэл хэсгээр гүйх гүйдлийн ачаалал болон гаралтын лугшилтыг бууруулах боломжтой, мөн гаралтын хүчдлийн чанарыг сайжруулах болон ЭХХ-н эдэлгээний хугацааг уртасгах гэсэн давуу талтайг харуулсан.

Туршилтын загварыг бэлдэж, удирдлагын гэдрэг холбоогүй болон холбоотой хэлхээг туршиж, гаралтын дохионы лугшилтыг хэмжиж, тооцооны үр дүнтэй харьцуулсан. Ингэхэд туршилтын утга симуляциас 40 мВ өндөр байсан. Сүлжээний 50 Гц давтамж бүхий хувьсах хүчдлийг шулуутган тогтмол 100 В далайцтай хүчдэл гарган авч хувиргуурын оролтонд өгч туршилтыг хийсэн. Оролтын хүчдлийн чанараас шалтгаалан хувиргуурын гаралтанд өндөр далайцтай лугшилт гарч байсан. Тиймээс гаралтын хүчдлийг тогтмол барих удирдлагын гэдрэг холбоо бүхий хэлхээг санал болгож гэдрэг холбоогүй хэлхээний үр дүнтэй харьцуулан дүгнэлт гаргасан. Үүнд өндөр давтамжийн шуугиан нөлөөлж гаралтын лугшилтын далайцыг нарийн хэмжихэд асуудал үүсгэж байсан.

## ИШЛЭЛҮҮД

- [1] Bose, B.K. (2011) Energy scenario and impact of power electronics in 21st. century. Proceedings of Qatar Workshop of Power Electronics for Industrial Applications and Renewable Energy Conversion, held in Doha, Qatar on November 3–4, 2011, pp. 10–22.
- [2] Bose, B.K. (2013) Global energy scenario and impact of power electronics in 21st century. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 60, 2638–2651.
- [3] Sungbok Kim, Sanghyup Lee, "Mobile robot localization and object pose estimation using optical encoder, vision and laser sensors," IEEE Conf. on Digital Object Identifier., pp. 1167 - 1172, 2008.
- [4] Gao Qingji, Feng Qi, Zhang Hongxiang, "A robot self-localization method based on perception dominance," IEEE Intern. Conf. Digital Object Identifier., pp. 2343 – 2346, 2011.



Зураг 20. Туршилтанд ашигласан удирдлагын хавтангийн хэвлэмэл зураг