



“ДИСПЕТЧЕРИЙН ҮНДЭСНИЙ ТӨВ” ТӨХХК

***RTDS СИМУЛЯТОР ТӨХӨӨРӨМЖ
ШИНЭЭР НЭВТРҮҮЛЭХ СУДАЛГАА***

Улаанбаатар хот 2021 он

АГУУЛГА:

1. Судалгааны зорилго
2. Танилцуулга
 - 2.1 RTDS Симулятор төхөөрөмжийн танилцуулга
 - 2.2 RTDS Симулятор төхөөрөмжийн функц
 - a. Автоматик, удирдлагын систем ба реле хамгаалалтын симуляц
 - b. Реле хамгалалтын байгууламжийн симуляц
 - c. Хүчний электроникийн симуляц
 - d. Ухаалаг сүлжээ ба сэргээгдэх эрчим хүчний симуляц
 - e. АС системийн судалгаа
 - f. Эрдэм шинжилгээний судалгааны ашиглалт
 - g. Хөлөг онгоцны эрчим хүчний системийн симуляц
 - h. Хүчний тоноглолын симуляц (PHIL)
 - 2.3 Зарим функцуудын дэлгэрэнгүй тайлбар
 - a. Реле хамгаалалтын системийн туршилт, симуляц
 - b. Удирдлага, хяналтын системийн туршилт, симуляц
 - c. HVDC ба FACTS системийн симуляц
 - d. PMU/өргөн хүрээний хамгаалалт, хяналт удирдлагын системийн судалгаа
 - e. Ухаалаг сүлжээ ба сэргээгдэх эрчим хүч
 - f. Хүчний Электроникийн симуляц
 - g. Хүчний тоноглолын симуляц (PHIL)
 - h. Боловсролын салбар ба сургалт, дадлагажилтын ашиглалт
 - 2.4 RTDS симуляторын програм хангамж - RSCAD™
 - a. RSCAD програм хангамж, Хэрэглэгчийн интерфэйс
 - b. Автомат симуляторын функц
3. ДҮТ ТӨХХК-д суурилуулах тоног төхөөрөмжийн жагсаалт
 - 3.1 Симулятор төхөөрөмж NovaCor
 - 3.2 Omicron CMS-356 Үйлдлийн өсгөгчийн техникийн үзүүлэлт
4. Цаашид өргөтгөх боломжууд
 - 4.1 Povoно PAV10000 Үйлдлийн өсгөгч ашигласан жишээ

ТОВЧИЛСОН ҮГ

Товчилсон үг

Дэлгэрэнгүй

RTDS

Real Time Digital Simulator (Тухайн агшны хэмжилтээр симуляц хийх тоон төхөөрөмж)

HIL

Hardware In Loop (Гэдрэг холбоотой туршилт)

PHIL

Power Hardware In Loop

CHIL

Control Hardware In Loop

DUT

Device Under Test

FACTS

Flexible alternating current transmission system

HVDC

High-voltage, direct current

UHVDC

Ultrahigh-voltage direct-current

MMC

Multi-level Converters

STATCOM

Static synchronous compensator

UPFC

Unified power flow controller

SSSC

Static Synchronous Series Compensator

DVR

Dynamic voltage restorer

LCC

Line Commutated Converter

PSS

Power System Stabilizers

RAS

Remedial Action Schemes

WAMS

Wide Area Management System

WAMPAC

Wide Area Monitoring, Protection, and Control

PMU

Phasor measurement units

DFIG

Doubly Fed Induction Generator

PMSM

Permanent Magnet Synchronous Machine

НЭГ. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО

Нэгдсэн сүлжээний бүх төрлийн горимд тасралтгүй хяналт шинжилгээ хийснээр реле хамгаалалт, автоматикийн тавил тооцооны үнэмшил, тогтворжилт алдагдахаас сэргийлэх төвлөрсөн автоматикийн судалгааны ажил, горимын тооцооны загварчлалуудыг сайжруулан, физик загварчлалыг хослуулан ашиглах. ЭХНС-ний хэмжээнд хэвийн горим, статик болон динамик тогтворжилт, реле хамгаалалт автоматикийн тавил, ЦЭХ-ний чанартай холбоотой гармоник, анивчилтыг тодорхойлох, хэт хүчдэл болон нейтралын горим тодорхойлсноор системийн хэмжээнд бодит дүн шинжилгээ хийж, системийн найдвартай тогтвортой ажиллагааг сайжруулах.

Монгол улсын эрчим хүчний системийн одоогийн болон ирээдүйд схемийг иж бүрнээр нь авч үзэж тооцоолсны үндсэн дээр үнэлэлт дүгнэлт өгч (шинэ эх үүсгүүрүүдийн байрлал, сууилсан болон нийлүүлэх боломжит чадал, үндсэн шугамын хүчдэл, тэдгээрийн дамжуулах боломж) эрчим хүчний системийн үндсэн бүтэц, архитектурыг босгож судалгаа хийх боломжтой болно.

Мөн түүнчлэн RTDS симулятор төхөөрөмжид суурилсан сургалт явуулснаар мэргэжлийн инженерүүдийн мэдлэг чадвар дээшилж ажлын чанар сайжирч ЭХНС-ний найдвартай ажиллагаанд сайнаар нөлөөлнө.

ХОЁР. RTDS СИМУЛЯТОР ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ТАНИЛЦУУЛГА

2.1 Үндсэн танилцуулга

Техникийн тодорхой салбарын аливаа объект түүнд явагдах физик процессыг танин мэдэхийн тулд түүний математик загварыг байгуулах шаардлагатай байдаг. Ялангуяа эрчим хүчний систем түүний ажиллагааг хянах, төлөвлөхөд ямар нэгэн төрлийн багаж зайлшгүй хэрэгтэй болдог.

Загварчлал бол бодит ертөнцийг танин мэдэх аргачлал бөгөөд түүнийг математик загварчлал болон физик загварчлал гэж ангилдаг. 1956 оноос хойш компьютерын шинжлэх ухааны хурдацтай хөгжилд суурилсан математик загварчлалын тооцооллын программ хангамжууд гарч эхэлсэн. Харин өнөөдрийн байдлаар зөвхөн энгийн тооцоолол хийдэг байсан программ хангамжууд аваарийн процесст дүн шинжилгээ хийн, тогтворжилтын тооцоолол, реле хамгаалалтын тооцоолол, гармоник анализ зэргийг хийж болохуйц түвшинд хүрсэн байна. Мөн программ хангамжуудыг өргөн сонголттойгоор хийх болсон. Жишээлбэл, Siemens PSS/E, PSAPAC, ABB SIM-POW, PSASP & PSD-BPA, DigSilent Power factory зэрэг.

Гэсэн хэдий ч үргэлж шинэчлэгдэн өөрчлөгдөж байдаг эрчим хүчний салбартай хөл нийлүүлэн алхахын тулд математик загварчлалд эрчим хүчний системийг бүрэн загварчлал хийж түүнд явагдах физик процессыг танин мэдэхэд хэцүү болж байна. Тэгвэл энэхүү асуудлыг шийдэхийн тулд математик загварчлал болон физик загварчлалыг хослуулах шаардлагатай болсон нь ТУХАЙН АГШНЫ ХЭМЖИЛТЭЭР СИМУЛЯЦ ХИЙХ ТООН ТӨХӨӨРӨМЖ буюу RTDS юм.

RTDS симулятор төхөөрөмж нь эрчим хүчний системийг бүхэлд нь симуляц хийж тоноглолын ажиллагааг бодитоор шалгах боломжийг олгодог. Системд ашиглагдаж буй тоноглолыг симулятор төхөөрөмжтэй холбож, ашиглалтын үеийн ажиллагаа, системийн шилжилтийн горимын үед (богино залгаа, савлалт гм) хэрхэн ажиллахыг харах боломж. Төхөөрөмжийг ажилд залгахаас өмнө, төрөл бүрийн аваарийн горимд ажиллуулж шалгана. Симуляц дээрх туршилтууд нь тус төхөөрөмжийн тохиргоо алдаагүй гэдгийг хамгийн хүнд нөхцөл шалгах боломж юм. Бодит

тоноглолыг симуляц туршилтанд ашиглах нь хэрэгдлэгчдэд тухайн тоноглолын функц тус бүртэй танилцах боломж олгоно. Ажиллагаанд байгаа тоноглол тус бүрийг нэгэн зэрэг турших нь аюулгүй, найдвартай, эдийн засгийн хэмнэлттэй аргачлал юм.

2.2 RTDS Симулятор төхөөрөмжийн функц

Автоматик, удирдлагын систем ба реле хамгаалалтын симуляц

- Өндөр бө хэт өндөр хүчдэлийн шугам, инвертэр (HVDC, UHVDC)
- MMC суурилсан HVDC
- 2 ба 3 шатлал бүхий инвертерт HVDC
- SVC (сүлжээний ба үйлдвэрийн)
- FACTS (STATCOM, UPFC, SSSC, DVR, гэх мэт.)
- TCSC төрлийн компенсатор
- Синхрон машины өдөөлт болон хүчдэл тогтворжуулагч
- Синхрон машины удирдлага, хяналт
- Системийн тогтворжилтийн тоноглолууд (PSS)
- Түгээх сүлжээний үүсгүүр болон сэргээгдэх эрчим хүч (Салхи, Нар, Дизель, гэх мэт.)

Реле хамгаалалтын байгууламжийн симуляц

- Нийлмэл реле хамгаалалтын болон бие даасан реле хамгаалалтын байгууламжийн буцах хэлхээт туршилт (Closed-loop testing)
 - Шугамын хамгаалалт (зайн хамгаалалт болон дифференциал хамгаалалт)
 - Трансформаторын хамгаалалт
 - Генераторын хамгаалалт
 - Шинийн дифференциал хамгаалалт
- Үйлдлийн өсгөгчийн тусламжтайгаар бүх төрлийн реле хамгаалалтын байгууламжийн функц тус бүрийг турших боломжтой
- IEC 61850 холболт дэмжих боломжтой
 - GOOSE мессэж (мэдээлэл илгээх болон хүлээн авах)
 - IEC 61850-9-2 (мэдээлэл илгээх болон хүлээн авах)
 - IEC 61869-9 (мэдээлэл илгээх)
- RAS систем
- WAMS систем, удирдлага ба хяналтын систем (WAMPAC), Smart Grid (IEC 61850, RAS систем, SCADA, гэх мэт)

Хүчний электроникийн симуляц

- HVDC – Уламжлалт болон VSC суурилсан
 - Системийн загварчлал, техникийн шийдэл
 - Системийн загварчлал, техникийн шийдлийг баталгаажуулах, автоматик, удирдлагын системийн буцах хэлхээт туршилт (Closed-loop testing)
 - Системийн нөлөөллийн судалгаа
 - VSC-д суурилсан 2 ба 3 шатлал бүхий инвертерт систем буюу MMC
- FACTS – SVC, TCSC, STATCOM, UPFC, SSSC, гэх мэт

- Системийн загварчлал, техникийн шийдэл
- Системийн загварчлал, техникийн шийдлийг баталгаажуулах, автоматик, удирдлагын системийн буцах хэлхээт туршилт (Closed-loop testing)
- Системийн нөлөөллийн судалгаа
- VSC-д суурилсан 2 ба 3 шатлал бүхий инвертерт систем буюу MMC
- Хөдөлгүүрийн удирдлага, хяналт
 - Системийн загварчлал, техникийн шийдлийг баталгаажуулах, автоматик, удирдлагын системийн буцах хэлхээт туршилт (Closed-loop testing)
- Хүчний электроникийн тоноглолууд,

Ухаалаг сүлжээ ба сэргээгдэх эрчим хүчний симуляц

- Сэргээгдэх эрчим хүчний нэгдсэн судалгаа
 - Төрөл бүрийн салхин турбины тохиргооны судалгаа (DFIG, PMSM гэх мэт).
 - Нарны эрчим хүч
 - Түлшний элемент
 - Цэнэг хураагуур
 - Тохируулах боломжтой конвертер загвар ба топологи
- Шуурхай ажиллагаа болон реле хамгаалалтын шинэ хувилбарын судалгаа
- Сүлжээний протоколын судалгаа (жишээлбэл IEC 61850)
- Микрогрид болон түгээх сүлжээний үүсгүүрийн судалгаа

Хувьсах гүйдлийн системийн судалгаа

- Системийн найдваржилт, тогтворжилтын судалгаа
- Цахилгаан соронзон шилжилтийн процессийн судалгаа
- Өргөн хүрээний хамгаалалтын системийн, хяналтын техникийн шийдэл, туршилт
- Тэг зогсолтоос сэргээх судалгаа
- Бие даасан сүлжээ болон системээс тусдаа гарахаас урьдчилан сэргийлэх судалгаа

Эрдэм шинжилгээний судалгааны ашиглалт

- Магистр болон Докторын судалгааны ажлууд
- Эрчим хүчний системийн бодит орчинд реле хамгаалалтын байгууламж, хяналтын тоног төхөөрөмжтэй ажиллах
- Онолын мэдлэгийг бататгах, онол болон практикийг хослуулсан судалгаа хийх

Хөлөг онгоцны эрчим хүчний системийн симуляц

- Усан онгоцны ердийн загварчлал
- Бүх төрлийн цахилгаан хөлөг онгоцны симуляц
 - Хувьсах гүйдлийн (AC) системийн загварчлал
 - Тогтмол гүйдлийн (DC) системийн загварчлал
 - Хосолсон системийн загварчлал
 - Ачааллын тооцоо

Хүчний тоноглолын симуляц (PHIL)

- Микрогрид сүлжээний судалгаа
- Сэргээгдэх эрчим хүч, цэнэг хураагуурын системийн анализ
- Хүчний тоноглолын симуляц
 - Механик төхөөрөмжийн симуляц
 - Цахилгаан төхөөрөмжийн симуляц

2.3 Зарим функцуудын дэлгэрэнгүй тайлбар

Реле хамгаалалтын системийн туршилт, симуляц

RTDS симулятор төхөөрөмж нь реле хамгаалалтын системийг туршихад хамгийн дэвшилтэт, үр дүнтэй аргачлалыг санал болгодог. Загварчлал нь бодит дата ашигладаг тул физик хамгаалалтын төхөөрөмжийг системийн загвартай буцах хэлхээгээр холбох боломжтой.

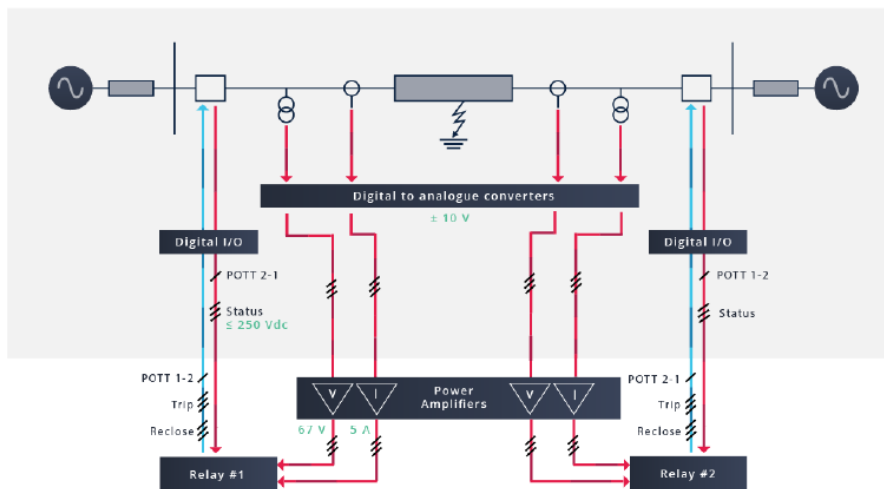
Дижитал симуляцийн хяналттай, уян хатан орчин нь хамгаалалтын тоног төхөөрөмжийг системд үүсэж болох бүх боломжит гэмтэл, ашиглалтын нөхцөл байдалд турших боломжийг олгодог.

Хамгаалалтын системийг сүлжээний загвартай буцах хэлхээгээр холбон турших нь хамгаалалтын харилцан үйлчлэл, схемийн гүйцэтгэл, эрчим хүчний системд үзүүлэх нөлөөллийн судалгаа хийх боломжтой.

Зураг-1 харуулсны дагуу өндөр хүчдэлийн бүрдэл хэсгүүдийг (жишээлбэл шугам, таслуур, хэмжүүрийн трансформатор, хүчний трансформатор, генератор г.м.) RTDS симулятор дээр үүсгэн загварчлан, шаардлагатай хамгаалалт, хяналтын төхөөрөмжийг холбон, эрчим хүчний системийн загварыг туршина.

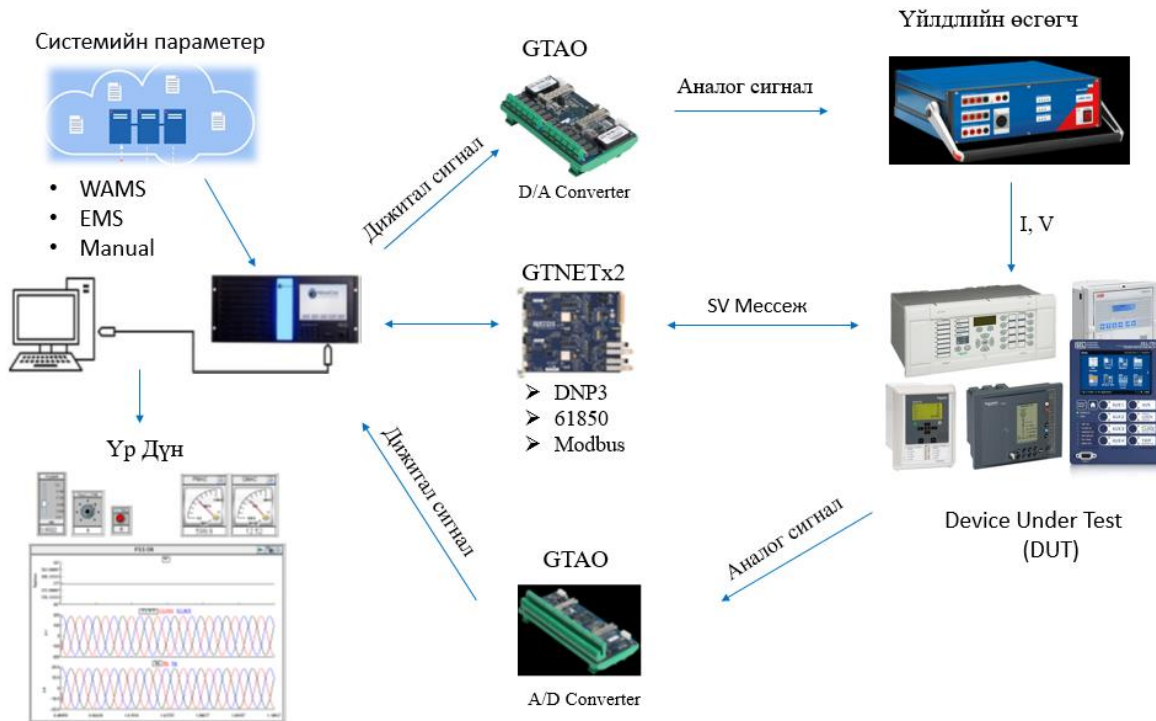
Симулятор дээрх хэмжүүрийн трансформаторууд нь тоон-аналог хувиргуурт (D/A) сигнал явуулна. Тус сигнал нь хоёрдогч хэлхээний хэмжилтийн утга байх бөгөөд бодит тоон утгатай пропорциональ байна. Хэмжүүрийн трансформаторыг загварчлалд оруулснаар тэдгээрийн системд нөлөөлөх нөлөөлөмжийг үнэлэх боломжтой болно. Эсвэл тохирох масштабын коэффициентийг ашиглан анхдагч хүчдэл ба гүйдлийн сигналыг шууд хамгаалалтын төхөөрөмжид илгээж болно.

RTDS Simulator



Зураг-1

Симулятор төхөөрөмж нь нэмэлт картуудтай байх бөгөөд аналог сигнал нь GТАО картанд $\pm 10V$ нам хүчдлийн сигнал дижитал-аналог эсвэл аналог-дигитал хувиргуурт илгээж ажиллана. GТАО карт нь 16 бит бүхий дижитал-аналог D/A хувиргууртай ба өндөр нарийвчлалтайгаар сигналыг хөрвүүлдэг. Зарим туршилтыг хийхэд нэмэлтээр үйлдлийн өсгөгч ашиглах шаардлагатай. Реле хамгаалалтын байгууламжийн туршилтыг хийхдээ GТАО картнаас үйлдлийн өсгөгчид сигнал явуулна. Мөн зарим тохиолдолд реле хамгаалалтын төхөөрөмж нь нам хүчдлийн сигнал дэмждэг тохиолдолд GТАО картнаас сигнал хүлээн авах боломжтой байдаг.



Зураг-2

Сүүлийн үеийн төхөөрөмжүүд сүлжээний протоколыг ашиглан сигналыг дамжуулах боломжтой болсон. Хэрэв тоноглолууд нь SV (Sampled Values) сигнал дэмждэг тохиолдолд GTNETx2 эсвэл GTFPGA-SV картуудыг ашиглана. Тус картууд нь IEC 61850-9-2LE болон IEC 61869-9 сүлжээний протоколыг дэмжинэ.

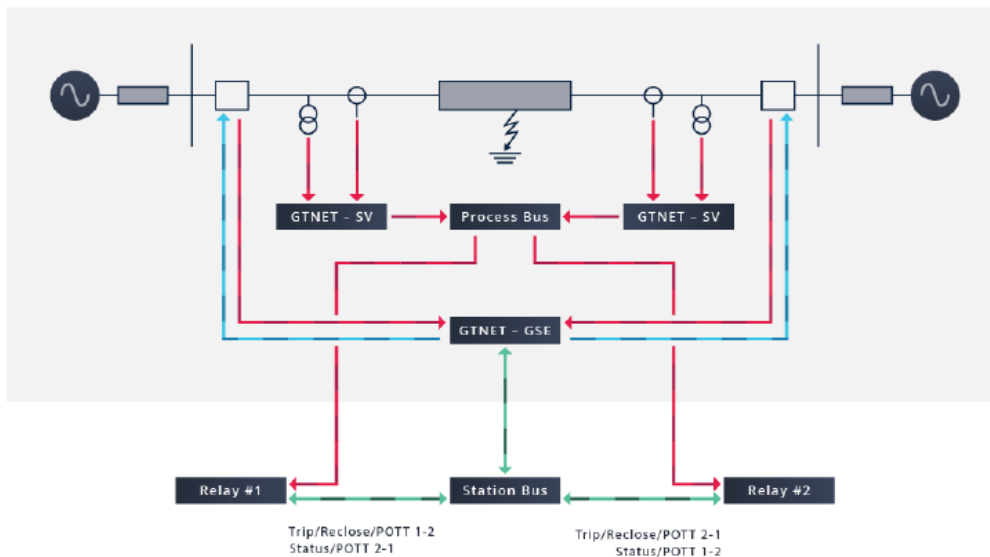
Хамгаалалтын байгууламж нь симуляторын загварчлалд үүсгэсэн богино залгаа, гэмтлийн үед үүсэх сигналд хариу үйлдэл үзүүлэн, таслуурыг таслах болон дахин залгах функцүүд ажиллана. Хамгаалалтын төхөөрөмжөөс таслах командыг симуляторт холбон сигнал явуулах хэд хэдэн арга байдаг. Реле хамгаалалтын байгууламжийн чадамжаас шалтгаалан хуурай контактаар эсвэл GTFPI картны тусламжтайгаар нам хүчдлийн сигнал илгээх эсвэл хүлээн авах боломжтой.

Удирдлага, хяналтын системийн туршилт, симуляц

RTDS симулятор нь эрчим хүчний системийн хяналт удирдлага, автоматикийн ажиллагааг турших, техникийн шийдэл гаргах хамгийн хялбар бөгөөд тохиромжтой хэрэгсэл юм. Симулятор загварчлалын орчин эрчим хүчний системийн тогтворжилттой хэвийн горимоос аварийн горим хүртэл бүх нөхцөлд автоматикийн төхөөрөмжийг турших боломжтой. Үүсгэсэн бүх нөхцлийг хянах, ойлгох, хянах үйл ажиллагааг оновчтой болгохын тулд хурдан бөгөөд амархан давтаж болно.

Загварчлал нь бодит датад суурилан ажилладаг тул загварчлал болон бодит тоноглолыг буцах хэлхээнд холбож болно. Хяналтын систем ба сүлжээний загварчлал нь тоноглолын харилцан

RTDS Simulator



Зураг-3

үйлчлэл, хяналтын схемийн гүйцэтгэл, эрчим хүчний системд үзүүлэх нөлөөллийн талаар судлах боломж олгодог.

Симулятораас удирдлага хүртэлх тоон гаралтын дохио (жишээлбэл, таслуурын байрлал, РПН байрлал гэх мэт) -ийг GTDO карт эсвэл 250 Vdc дижитал гаралтын хуурай контактуудаар дамжуулна. Аналог сигналууд GTAI карт ашиглана. Аналог оролтыг заримдаа симуляцид хяналтын дохио болгон ашигладаг боловч зарим тохиолдолд өгөгдөл олж авах зорилгоор импортлодог. GTAI оролтыг стандарт цагийн хуваарьт эсвэл Substep сүлжээнд унших боломжтой бөгөөд 1 μ s тутамд мэдээллийг шинэчлэнэ.

HVDC ба FACTS системийн симуляц

HVDC болон FACTS системийн төхөөрөмжүүд нь орчин үеийн эрчим хүчний сүлжээний хяналт, найдвартай байдал, аюулгүй байдлыг хангах, сайжруулах чухал технологиудын нэг юм.

RTDS симулятор нь анхнаасаа HVDC системийг загварчлах зорилгоор бүтээгдсэн бөгөөд сүүлийн хорин жилийн хугацаанд RTDS Technologies нь HVDC болон FACTS төхөөрөмжүүдийн хөгжлийн явцад хувьсгал хийсэн. Өнөө үед энэ нь HVDC ба FACTS төхөөрөмжүүдийг загварчлах, турших хамгийн тохиромжтой хэрэгсэл юм. RSCAD нь MMC (Modular Multilevel Converter) HVDC, SVC MMC, LCC HVDC схем гэх мэт төрөл бүрийн судалгааны жишээг багтаасан болно.

Эрчим хүчний системийн чадамжийг шалгах зорилгоор хялбаршуулсан загварчлал болон симулятор төхөөрөмжийг системд холбож судалгаа хийдэг. Өнөөгийн байдлаар дэлхий нийтэд олон төслүүдэд HVDC болон FACTS системийн ажиллагааг шалгах зориулалтаар RTDS симуляторуудыг худалдаж авсаар байна. Төслийн дараа, эдгээр "хялбаршуулсан симулятор" нь төв удирдлагатай харилцан уялдаатай бөгөөд ерөнхийдөө санал болгож буй сүлжээний өөрчлөлт, хяналтын өөрчлөлтүүдийг

судлах, схемийн шинэчлэлт, шинэчлэлтийг турших, инженер техникийн ажилчдыг схемтэй танилцах, ажиллагааны талаар сургахад ашиглагддаг.

PMU/өргөн хүрээний хамгаалалт, хяналт удирдлагын системийн судалгаа

PMU хэмжилтийн төхөөрөмжийн судалгаа, симуляц нь GTNETx2 картыг ашиглан хийнэ. PMU нь реле эсвэл аваари бичигч төхөөрөмжийн доторх функц эсвэл бие даасан төхөөрөмж байж болно.

RTDS симуляци нь PMU загварыг багтаах бөгөөд PMU-ийн өгөгдлийг хэлбэлзэл, өнцгийн зөрүү, системийн давтамж, хүчдэлийн тогтвортой байдал болон бусад хувьсагчийг хянахад ашиглах боломжийг олгодог.

Ерөнхийдөө PMU нь RSCAD-д загварчлагддаг бөгөөд IEEE C37.118 дата цуглуулах төхөөрөмж (PDC) эсвэл бусад симулятор төхөөрөмжид илгээдэг. Үүнийг PMU функц бүхий IEEE C37.118 стандарт протоколтой GTNETx2 картыг ашиглан хийж гүйцэтгэнэ.

PMU TEST UTILITY:

RSCAD програмын PMU Test Utility функц нь PMU-ийн тогтвортой байдал, динамик гүйцэтгэлийг туршихад зориулагдсан. PMU Test Utility нь ICAPESS-с баталсан туршилтын журам, тооцоог, стандартыг мөрдөн ажиллана.

PMU Test Utility нь RSCAD програмын PMU долгионы хэлбэлзэл хянах функцад суулгасан янз бүрийн параметрийн гулсалтын утгыг тохируулахад хэрэглэгддэг. Үүний үр дүнд үүссэн сигналыг GFAO картанд илгээж, өсгөгчтэй холбох эсвэл туршиж буй PMU-тэй нам хүчдлийн сигналыг холболтод тохируулсан масштабаар илгээнэ. Параметрийн гулсагчийн утгыг PMU нь тест бүрийн фазорын утгыг тооцоолоход ашигладаг. Дараа нь PMU Test Utility нь PMU-ийн хийсэн хэмжилтийг цуглуулан анализ хийхэд бэлтгэн харуулна.

Эдгээр туршилтуудад дата синхрончлохын тулд 1PPS, IRIG-B эсвэл IEEE 1588 бүхий GTSYNC картыг ашиглах шаардлагатай.

Ухаалаг сүлжээ ба сэргээгдэх эрчим хүч

Үргэлж шинэчлэгдэн өөрчлөгдөж байдаг эрчим хүчний салбартай хөл нийлүүлэн алхахын тулд RTDS симуляторыг 20 гаруй жилийн турш тасралтгүй хөгжүүлж ирсэн. Сүүлийн үед ухаалаг сүлжээ болон түгээх сүлжээний үүсгүүрийн ойлголтууд дэлхийн хэмжээнд асар хурдтай түрэн орж ирж байна. Тогоног төхөөрөмж үйлдвэрлэгчид, аж үйлдвэр, их дээд сургууль, эрдэм шинжилгээний байгууллагууд хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөллийг бууруулах, эрчим хүчний дэд бүтцийн аюулгүй байдал, найдвартай байдлыг бэхжүүлэх, цахилгаан эрчим хүчийг үр ашигтай үйлдвэрлэх, дамжуулах, түгээх ажлыг хангах шийдлүүдийг боловсруулж байна. RTDS Technologies нь бүтээгдэхүүнээ хамгийн сүүлийн үеийн, орчин үеийн түвшинд байлгахыг эрмэлздэг. Тиймээс RTDS симулятор нь ухаалаг сүлжээ, сэргээгдэх эрчим хүчний системийг симуляц хийх чадвартай юм. Ухаалаг сүлжээний технологийг бодитоор симуляцийн орчинд хэрэгжүүлэхэд өндөр хурдны холбоо шаардагдана. GTNET эсвэл GTNETx2 карт болон түүний програм хангамжийг ашиглан RTDS Simulator нь сүлжээтэй холбоотой дараах ухаалаг сүлжээнд ажиллах чадвартай. Үүнд:

- Дэд станцын автоматик, хяналтын түвшний IEC 61850
- SCADA системийн түвшний DNP ба IEC 60870-5-104
- PMU функцын түвшний IEEE C37.118

RTDS симулятор нь сэргээгдэр эрчим хүч болон түгээх сүлжээний үүсгүүрүүдийг загварчлах боломжтой. Салхин турбин, нарны хавтан, Wind turbines, photovoltaics, мазут, цэнэг хураагуур зэрэг олон төрлийн үүсгүүрүүдийг багтаасан сан нь хэрэглэгчдэд загварчлал үүсгэх үйл явцыг илүү хялбар болгодог.

Хүчний Электроникийн симуляц

эрчим хүчний системд хүчний электроник дээр суурилсан олон шийдлүүд байдаг бөгөөд эдгээрийн өндөр давтамжийн болон динамик шилжилтийг загварчлахын тулд маш өндөр нарийвчлал шаарддаг. Ийм схемийг илүү өндөр нарийвчлалтайгаар загварчлалд оруулахын тулд RTDS Technologies нь Substep технологийг боловсруулсан. Substep функц нь 1-3 μs хугацаанд симуляц тооцоолол хийх бөгөөд том хэмжээний симуляц тооцоололлыг 30-50 μs хугацаанд гүйцэтгэнэ. Substep функций гол онцлог, давуу тал нь алгоритмд бүрэн хэмжээний матрицыг тооцоололд ашигладаг.

RSCAD програм хангамжийн Substep функц дотор трансформатор, индукцын болон синхрон машин, дамжуулах агаарын шугам, кабель болон HVDC хавхлагуудаас бүхий тоноглолын сантай. Хэрэглэгч тус сангын тусламжтайгаар загварчлал үүсгэхэд илүү хялбар байдаг.

Хүчний тоноглолын симуляц (PHIL)

Power Equipment in the Loop (PHIL) симуляци нь системийг бодит датанд суурилан загварчлах бөгөөд энэхүү загварчлалын дагуу симулятороос бодит төхөөрөмжийг удирдах, актив болон реактив чадлыг солилцдог. Жишээлбэл, сэргээгдэх эрчим хүчний төхөөрөмжүүд, цахилгаан тээврийн хэрэгсэл, аккумулятор, мотор, ачаалал гэх мэт эрчим хүчний тоног төхөөрөмжийг симуляторт холбоно.

RTDS симулятор нь PHIL-ийн туршилтыг өргөн хүрээнд ашиглах боломжтой бөгөөд олон төслүүдэд амжилттай ашиглаж ирсэн.

RTDS симуляторыг ашиглан хэрэгжүүлсэн PHIL төслүүдийн цөөн хэдэн жишээнээс дурьдвал:

1. Цахилгаан хөлөг онгоцны хөдөлгүүр, удирдлагын системийн туршилт, симуляц
2. Виртуал синхрон генератор (VSG) туршилт, симуляц
3. Салхин турбинд салхины хурдны нөлөллөх туршилт, симуляц
4. 3 фазын чадлын конвертерийн синхрон ажиллагааны туршилт, симуляц
5. Нарны эрчим хүчний (PV) инвертерийн туршилт, симуляц

PHIL симуляц нь төхөөрөмжийг системд холбогдохоос өмнө хяналттай орчинд турших боломжийг олгодог.

Боловсролын салбар ба сургалт, дадлагажилтын ашиглалт

БОЛОВСРОЛЫН САЛБАР ДАХЬ ХЭРЭГЛЭЭ:

Дэлхий даяар олон их дээд сургууль, бусад сургалтын байгууллагууд RTDS симуляторыг боловсрол, судалгаа, боловсруулалтын хөтөлбөртөө тусгасан байдаг. RTDS симуляторыг хамарсан хөтөлбөрүүдийг бакалавр ба ахисан түвшний оюутнуудад зориулан боловсруулсан болно. Суралцагчид симуляторт загварчилсан эрчим хүчний системтэй үр дүнтэй харьцаж чаддаг. RTDS симулятор нь оюутнуудад эрчим хүчний системийн онол болон практик үйл ажиллагааны хоорондын ялгааг арилгахад туслах бөгөөд маш сайн гарын авлага болдог. Симуляторт үүсгэсэн бодит загварчлал нь оюутнуудад RTDS симуляторт холбогдох боломжтой тоноглолын бодит хэмжилт, хамгаалалт, хяналтын төхөөрөмжийн талаар туршлага хуримтлуулах боломжийг олгодог.

ОПЕРАТОР СУРГАЛТЫН ОРЧИН:

Олон улсын хэмжээнд аж үйлдвэрүүд өөрийн ашиглалт, инженер техникийн ажилчдыг сургах зорилгоор RTDS симуляторыг ихээхэн ашигладаг. Симулятор нь инженер, техникийн ажилтнуудад ашиглагдаж буй хамгаалалт, хяналтын төхөөрөмжтэй ажиллах, турших боломжийг олгодог. Тоноглолыг ажилд залгахаас өмнө симуляторт аюулгүй орчинд тавил тохиргоог өөрчлөх, сайжруулалтыг хийнэ.

Хэрэглэгчийн судалгаанаас харахад RTDS симуляторыг сургалтын хөтөлбөрт оруулснаар систем тэг зогсох, тоног төхөөрөмж гэмтэх, тасралтын тоо багассан бөгөөд хэрэглэгчдийн тоо өссөнөөр орлого нэмэгдсэн зэрэг давуу талтай байна.

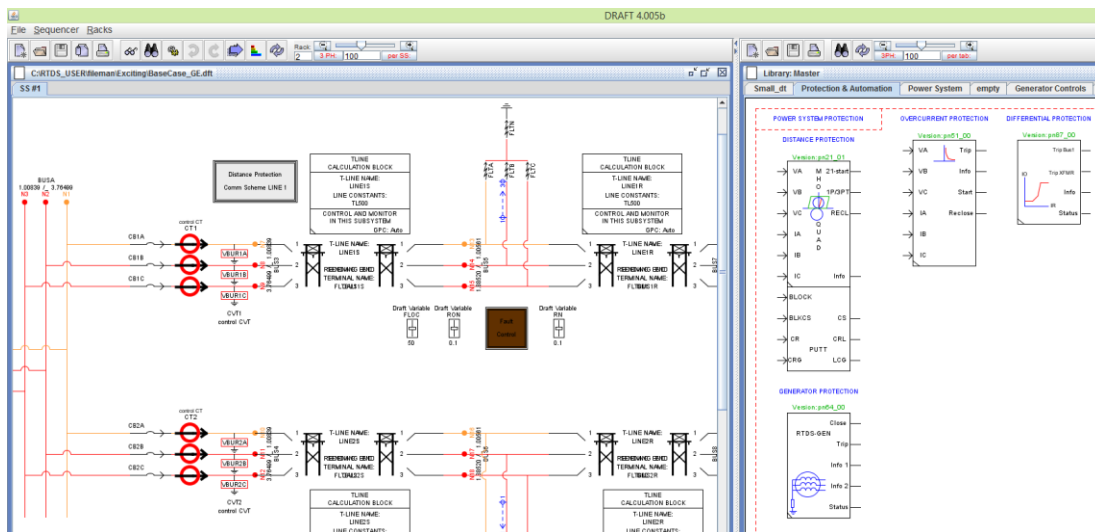
2.4 RTDS симуляторын програм хангамж - RSCAD™

RSCAD програм хангамжийг гүйцэтгэх үүргийн дагуу үндсэн 3 хэсэгт ангилна. Үүнд:

- I. Хэрэглэгчийн интерфэйс (GUI)
- II. Хөрвүүлэгч
- III. Эрчим хүч болон удирдлагын системийн тоноглолын загвар

RSCAD програм хангамж, Хэрэглэгчийн интерфэйс

Хэрэглэгч ба RTDS симулятор төхөөрөмжийн хоорондох бүх харилцан үйлдлийг RSCAD хэмээх боловсронгуй, график хөтөчтэй хэрэглэгчийн интерфэйсийг ашиглан гүйцэтгэдэг. RSCAD програмыг бүх төрлийн Windows үйлдлийн систем бүхий компьютер дээр суулгаж болох бөгөөд симуляторт янз бүрийн даалгаврыг биелүүлэхэд ашиглагддаг функц, модулийг багтаасан цогц програм хангамжийн нэгдэл юм. RSCAD-ийн хамгийн их ашиглагддаг модулиуд нь FILEMANAGER, DRAFT, RUNTIME юм.



Зураг-4

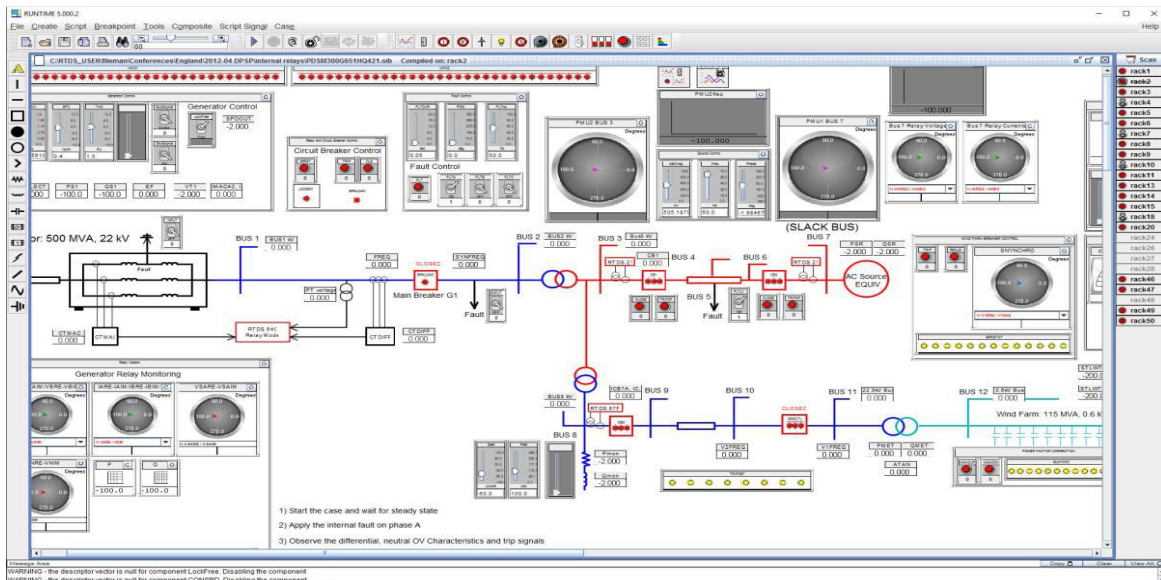
Автомат симуляторын функц

RSCAD програм хангамжийн үндсэн функцын нэг бол автомат симуляц функц юм. Ихэнх тохиолдолд, ялангуяа реле хамгаалалт турших үед олон тооны ижил төстэй симуляцийн тохиолдлуудыг ажиллуулж, үнэлэх ёстой (жишээлбэл, ажиллах товчлуурыг дарах, богино залгааны төрөл, эсэргүүцэл гэх мэт). Эдгээр нөхцөлд автоматаар эсвэл олон командыг багц болгосноор хэрэглэгчдэд илүү хялбар шийдлийг санал болгодог.

Автоматжуулсан симулятор функцыг үндсэн гурван бүрэлдэхүүн хэсэгт хувааж болно

- Бичлэг хийх, дахин сэргээх
- Скрипт файл үүсгэх
- Процессорын өмнө эмхэтгэх

Бичлэг хийх, дахин тоглуулах функц нь RUNTIME модулаар дуудагддаг бөгөөд хэрэглэгчид гараар эхлүүлсэн процессийг бүртгэх, жишээлбэл ажлын даалгаврыг эхлүүлэх, цэгүүдийг тохируулах, богино залгаа үүсгах гэх мэт боломжийг олгодог. Үйлдлүүдийг багцлан тэмдэглэсний дараа хэрэглэгч цаашдын ашиглалтын явцад үүнийг олон удаа давтаж хийх боломжтой.



Зураг-5

ГУРАВ. ДҮТ ТӨХХК-д СУУРИЛУУЛАХ ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ЖАГСААЛТ

3.1 Симулятор төхөөрөмж NovaCor

№	Тоноглолын нэр	Үзүүлэлт
Техник хангамж		
1	NovaCor chassis	- Лицензтэй 4 цөм - 1 GTFPI карт - 1 хүчдэл, гүйдлийн клем - 1 дундын NovaCor рак
2	GTNET™ chassis	3 карт орох боломж бүхий GTNETx2 карт
3	GTNETx2 card	- Module A: SKT, GSE, SV, PMU, Modbus, PB, DNP, 104 - Module B: SKT, GSE, SV, PMU, Modbus, PB, DNP, 104
4	GTSYNC time synchronization rail-mounted unit	(1PPS/IEEE 1588/IRIG-B)
5	High Precision GTA0 analogue output rail-mounted units	(16 бит d/a конвертер бүхий 16 суваг)
6	High Precision GTAI analogue input rail-mounted units	(16 бит d/a конвертер бүхий 12 суваг)
7	GTDI High Speed Digital Input rail-mounted units	(64 өндөр хурдны оролт)
8	GTDO High Speed Digital Output rail-mounted units	(64 өндөр хурдны гаралт)
9	250 Vdc Digital Output Interface panel	(16 хуурай контакт)
Програм хангамж		
10	RTDS Simulator Software	- RSCAD™ Graphical User Interface Software - RTDS Compiler - Standard Power and Control System Component Libraries



3.2 Хийгдэх ажлууд

- Туршилт

Үйлдвэрийн эцсийн шалгалтыг Winnipeg хотод бүрэн хийж гүйцэтгэн стандартын шаардлага хангасан тохиолдолд тээвэрлэлтэд гаргана.

- Суурилуулалт

Төхөөрөмжийг хүлээн авсны дараа, үйлдвэрлэгчийн зүгээс мэргэжлийн инженер техникийн ажилтан томилон суурилуулах ажлыг хийж гүйцэтгэнэ. Угсралтыг хийж гүйцэтгэх явцдаа, хэрэглэгчийг дагалдуулан сургана. Төхөөрөмжийг бүрэн угсарч, суурилуулсаны дараа, албан ёсоор хүлээж авна.

- Сургалт

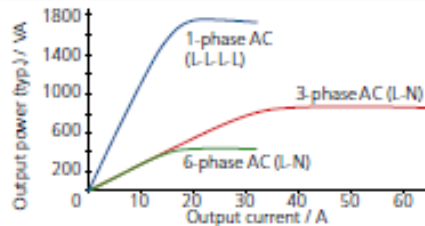
Төхөөрөмжийг бүрэн угсарч, суурилуулсаны дараа гэрээний дагуу ашиглалтын сургалтыг зохион байгуулна. Энэхүү сургалтанд төхөөрөмжийн Hardware болон Software-н талаар, тэдгээрийн ашиглалт, програм хангамжийн давуу талууд болон хүрэх үр дүн зэргийг дэлгэрэнгүй танилцуулна.

3.3 Omicron CMS-356 Үйлдлийн өсгөгчийн техникийн үзүүлэлт

Энэхүү үйлдлийн өсгөгч нь CHIL буюу Реле хамгаалалт, удирдлага хяналтын системийн туршилт, симуляц хийх боломжтой бөгөөд RTDS симулятор төхөөрмжийн үзүүлэлтээс хамааран паралел ашиглах боломжтой.

Current amplifier

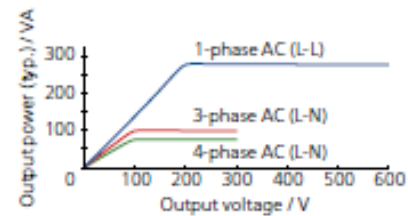
Setting range	6-phase AC (L-N)	6 x 0 ... 32 A
	3-phase AC (L-N)	3 x 0 ... 64 A (Group A II B)
	1-phase AC (LL-LN)	1 x 0 ... 128 A (Group A II B)
	DC (LL-LN)	1 x 0 ... ±180 A (Group A II B)
Power	6-phase AC (L-N)	6 x 430 VA typ. at 25 A 6 x 250 W guar. at 20 A
	3-phase AC (L-N)	3 x 860 VA typ. at 50 A 3 x 500 W guar. at 40 A
	1-phase AC (L-L-L-L)	1 x 1740 VA typ. at 25 A 1 x 1100 W guar. at 20 A



Accuracy	Error < 0.1 % rd. ² + 0.04 % rg. ² typ. Error < 0.3 % rd. + 0.1 % rg. guar.
Distortion (THD+N) ³	< 0.1 % typ., < 0.3 % guar.
Resolution	1 mA
Max. compliance voltage (L-N)/(L-L)/(L-L-L-L)	35 Vpk / 70 Vpk / 140 Vpk

Voltage amplifier

Setting range	4-phase AC (L-N)	4 x 0 ... 300 V
	2-phase AC (L-L)	2 x 0 ... 600 V
	DC (L-N)	4 x 0 ... ±300 V
Power	4-phase AC (L-N)	4 x 75 VA typ. at 100 ... 300 V 4 x 50 VA guar. at 85 ... 300 V
	3-phase AC (L-N)	3 x 100 VA typ. at 100 ... 300 V 3 x 85 VA guar. at 85 ... 300 V
	1-phase AC (L-L)	1 x 275 VA typ. at 200 ... 600 V 1 x 250 VA guar. at 200 ... 600 V



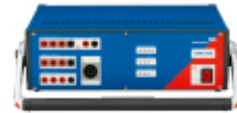
Accuracy (at 0 ... 300 V)	Error < 0.06 % rd. ² + 0.02 % rg. ² typ. Error < 0.16 % rd. + 0.04 % rg. guar.
Distortion (THD+N) ³	0.03 % typ., < 0.1 % guar.
Ranges	150 V / 300 V
Resolution	5 mV / 10 mV in range 150 V / 300 V

Amplifiers, general

Bandwidth (-3 dB)	> 2.5 kHz typ., > 1 kHz guar.
Propagation delay (with Input type "analog")	500 μs (error < ±2 μs typ., ±5 μs guar.)
Output delay (with Input type "Sampled Values")	Configurable, setting range: 1000 – 6000 μs

Analog inputs

Number	6
Input Impedance	47 kΩ
Input voltage range (selectable)	±10 Vpk (7.071 Vrms) ±7.071 Vpk (5 Vrms)
Amplification at 5 Vrms	Voltage output: 60 V/V Current output: 6.4 A/V
Galvanic Isolation Input/output	Yes



IEC 61850

Subscribing

Sampled Values	IEC 61850-9-2 (*9-2LE*) IEC 61869-9
Number of streams	2
Sampling frequency	4000 Hz – 1 sample per packet 4800 Hz – 1 sample per packet 5760 Hz – 1 sample per packet 12800 Hz – 8 samples per packet 15360 Hz – 8 samples per packet 4800 Hz – 2 samples per packet 14400 Hz – 6 samples per packet

Time synchronization

CMS 356 to external reference

Precision Time Protocol (PTP)	IEEE 1588-2008 IEEE C37.238 (Power Profile) IEC 61850-9-3 (Utility Profile)
-------------------------------	---

Internal system clock

Frequency drift	< 0.37 ppm / 24 h < 4.6 ppm / 20 years
-----------------	---

Power supply

Nominal input voltage	100 ... 240 VAC, 1-phase (50/60 Hz)
-----------------------	-------------------------------------

Environmental conditions

Operation temperature ¹	0 ... +50 °C / +32 ... +122 °F
Storage temperature	-25 ... +70 °C / -13 ... +158 °F
Humidity range	Relative humidity 5 ... 95 %, non-condensing
Acoustics – noise emission	ISO 7779
Idle – full load	47 – 55 dB(A)

Equipment reliability

Electromagnetic Interference (EMI)

International / Europe	IEC/EN 61326-1, IEC/EN 61000-6-4, IEC/EN 61000-3-2/3, CISPR 32 (Class A)/EN 55032 (Class A)
North America	47 CFR 15 Subpart B (Class A) of FCC

Electromagnetic susceptibility (EMS)

International / Europe	IEC/EN 61326-1, IEC/EN 61000-6-2/5, IEC/EN 61000-4-2/3/4/5/6/8/11/16/18
------------------------	--

Safety

International / Europe	IEC/EN 61010-1
North America	UL 61010-1, CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1

Mechanical tests

Vibration	IEC 60068-2-6
Shock	IEC 60068-2-27

Miscellaneous

Weight	16.3 kg / 35.9 lbs
Dimensions (W x H x D, without handle)	450 x 145 x 390 mm / 17.7 x 5.7 x 15.4 in
PC connection	2 PoE (Power over Ethernet) ports USB Type-B port (PC) USB Type-A port (optional Wi-Fi adapter for wireless control)

Certifications

Developed and manufactured under an ISO 9001 registered system



ДӨРӨВ. ЦААШИД ӨРГӨТГӨХ БОЛОМЖУУД

Судалгааны зорилгын нэг болох Монгол улсын эрчим хүчний системийн одоогийн болон ирээдүйн схемийг иж бүрнээр нь авч үзэж тооцоолсны үндсэн дээр үнэлэлт дүгнэлт өгч (шинэ эх үүсгүүрүүдийн байрлал, сууилсан болон нийлүүлэх боломжит чадал, үндсэн шугамын хүчдэл, тэдгээрийн дамжуулах боломж) эрчим хүчний системийн үндсэн бүтэц, архитектурыг босгож судалгаа хийхийн тулд Power Equipment in the Loop (PHIL) симуляци хийх шаардлагатай. Нэн ялангуяа HVDC болон FACTS, СЭХ зэрэг судалгааг зайлшгүй хийх шаардлага үүснэ. Дээрх судалгаа симуляцийг хийж гүйцэтгэхэд үйлдлийн өсгөгч болон бусад дагалдах төхөөрөмжүүдийг өргөтгөх шаардлагатай.

Ронovo PAV10000 Үйлдлийн өсгөгчийн техникийн үзүүлэлт



Item	PAV10000
Nominal voltage	
AC	270V(135V optional)
DC	±382V (±191V optional)
Line regulation	
Gain	25V/V; 40V/V(optional)
Gain Stability (const load & Temp.)	
	±0.1%/5min
Frequency range	
Bandwidth range	DC~5kHz (-3dB)
Small signal (3%)	DC~50kHz (-3dB)
Harmonic distortion	
45~450Hz (Typ. / Max.)	0.1%/1%
450~5kHz	0.6% typ., 1% guar.
Input	
Signal range(analog signal)	
	0~±16V (25V/V) (optional) 0~±10V (40V/V)
Digital signal interface	
	Communication interface with fiber optic ports, supporting AURORA protocol.
Impedance	
	10kΩ
Input/ Output delay	
	10μs
Power AC (Nominal voltage 270V)	
	10kVA
Power DC (Nominal voltage ±382V)	
	10kW
Long-time overload (1 hour)	
	15kVA
Max. short-time power	
	20kVA
Max. sink power	
	30% Rated output power

4.1 Ронovo PAV10000 Үйлдлийн өсгөгч ашигласан жишээ

