Төсөл

****

**МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ**

****

**Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга –**

**2 дугаар хэсэг: Хэмжлийн систем**

**High-voltage test techniques –**

**Part 2: Measuring systems**

**MNS IEC 60060-2:2020**

**Албан хэвлэл**

**СТАНДАРТ, ХЭМЖИЛ ЗҮЙН ГАЗАР**

**Улаанбаатар хот**

**2020 он**

Энэ стандартыг ШУТИС-ийн МХТС-ийн Компьютерийн ухааны тэнхимийн оюутан М.Лувсандаваа орчуулж, .................................. шүүмж, редакц хийж, хянасан.

Анхны үзлэгийг 2025 онд, дараа нь 5 жил тутамд хийнэ.

**Стандарт, хэмжил зүйн газар (СХЗГ)**

Энхтайваны өргөн чөлөө 46А

Шуудангийн хаяг

Улаанбаатар-13343, Ш/Х - 48

Утас: 976-51-263860 Факс: 976-11-458032

E-mail: [masm@mongol.net](mailto:masm@mongol.net); [standardinform@masm.gov.mn](mailto:standardinform@masm.gov.mn)

[www.estandard.mn](http://www.estandard.mn); [www.masm.gov.mn](http://www.masm.gov.mn)

**© СХЗГ, 2020**

“Стандартчилал, тохирлын үнэлгээний тухай” Монгол Улсын хуулийн дагуу энэхүү стандартыг бүрэн, эсвэл хэсэгчлэн хэвлэх, олшруулах эрх нь гагцхүү СХЗГ (Стандартчиллын төв байгууллага)-т байна.

**АГУУЛГА**

ӨМНӨХ ҮГ..................................................................................

1 Хамрах хүрээ...........................................................................

2 Норматив эшлэл..........................................................................

3 Нэр томьёо, тодорхойлолт............................................................

3.1 Хэмжлийн систем....................................

3.2 Хэмжлийн системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд................................

3.3 Хуваарийн коэффициент..............................................

3.4 Хэвийн утга...................................................

3.5 Динамик төлөвт хамаарах тодорхойлолт............................

3.6 Эргэлзээнд хамаарах тодорхойлолт.............................

3.7 Хэмжлийн системд хийх туршилтад хамаарах тодорхойлолт.................

4 Хэмжлийн системийн зэрэг болон хэрэглээнд зориулсан горим.....................

4.1 Ерөнхий зарчим..............................................................

4.2 Гүйцэтгэлийн туршилтын хуваарь.....................................

4.3 Гүйцэтгэлийн шалгалтын хуваарь.....................................

4.4 Гүйцэтгэлийн бичлэг хийхэд тавих шаардлага.......................

4.4.1 Гүйцэтгэлийн бичлэгийн агуулга.............................

4.4.2 Үл тооцох зүйл.....................................

4.5 Ажлын нөхцөл.......................................................................

4.6 Эргэлзээ...............................................................

5 Баталгаажуулсан хэмжлийн систем болон энэ системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд хийх туршилт, туршилтад тавих шаардлага...............................................

5.1 Ерөнхий шаардлага........................................................................

5.2 Тохируулга – Хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох...................

5.2.1 Жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулж хэмжлийн системийг тохируулах (давууд тооцсон арга)...............................................

5.2.2 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийнх нь хуваарийн коэффициентоор хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох (хоёр дахь арга)...........................................................................

5.3 Шугаман хамаарлын туршилт.....................................................

5.3.1 Туршилтыг хэрэглэх...................................................

5.3.2 Тохиромжтой эсэхийг сонгох өөр арга..............

5.4 Динамик төлөв.............................................................................

5.4.1 Ерөнхий зүйл...........................................................................

5.4.2 Далайц/давтамжийн хариуг тодорхойлох..............................

5.5 Богино хугацааны тогтвортой байдал................................................

5.6 Урт хугацааны тогтвортой байдал.....................................................

5.7 Гадаа орчны температурын нөлөө.......................................................

5.8 Ойр орчны нөлөө..................................................................................

5.9 Программ хангамжийн нөлөө................................................................

5.10 Хуваарийн коэффициентын эргэлзээг тооцоолох.........

5.10.1 Ерөнхий зүйл...........................................................................

5.10.2 Тохируулгын эргэлзээ.......................................

5.10.3 Баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэх хэмжлийн эргэлзээ..................................................

5.11 Хугацааны параметрийн хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох (зөвхөн импульсийн хүчдэл).......................................................................................

5.11.1 Ерөнхий зүйл............................................................

5.11.2 Хугацааны параметрийн тохируулгын эргэлзээ......

5.11.3 Баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэсэн хугацааны параметрүүдийн хэмжлийн эргэлзээ..............

5.12 Интерференцийн туршилт (импульсийн хүчдэлийн хэмжилд зориулсан дамжуулалтын систем болон хэмжих хэрэгсэл)...........................................

5.13 Хувиргах төхөөрөмжийн тэсвэрлэх туршилт............................................

6 Тогтмол гүйдлийг хэмжих.......................................................................................

6.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага.......................

6.1.1 Ерөнхий зүйл...................................................................

6.1.2 Эргэлзээний нэмэр.....................................

6.1.3 Хувиргах төхөөрөмжид тавих шаардлага........................

6.1.4 Хэмжих хүчдэлийн өөрчлөлтөд зориулсан динамик төлөв.......................

6.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт..................................

6.3 Гүйцэтгэлийн шалгалт....................................................................................

6.3.1 Ерөнхий зүйл.....................................................................................

6.3.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах.................

6.3.3 Бүрэлдэхүүн хэсгийн хуваарийн коэффициентыг шалгах........

6.4 Лугшилтын далайцыг хэмжих...............................................................

6.4.1 Тавих шаардлага........................................................................

6.4.2 Эргэлзээний нэмэр.............................................

6.4.3 Хүчдэлийн лугшилтыг хэмжих баталгаажуулсан системийг тохируулах болон турших..................................................

6.4.4 Лугшилтын давтамжид хуваарийн коэффициентыг хэмжих........

6.4.5 Далайц/давтамжийн хариугаар динамик төлөвийг тодорхойлох..................

6.4.6 Лугшилтыг хэмжих системд зориулсан гүйцэтгэлийн шалгалт....

7 Хувьсах гүйдлийг хэмжих.............................................................................................

7.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага.......................

7.1.1 Ерөнхий зүйл...................................................................

7.1.2 Эргэлзээний нэмэр.....................................

7.1.3 Динамик төлөв......................................................

7.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт........................

7.3 Динамик төлөвийн туршилт................................................

7.4 Гүйцэтгэлийг шалгах...........................................................................

7.4.1 Ерөнхий зүйл..........................................................................

7.4.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах............

7.4.3 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентыг шалгах.......

8 Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжих...................................................................

8.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага.......................

8.1.1 Ерөнхий зүйл...........................................................................

8.1.2 Эргэлзээний нэмэр...................................................

8.1.3 Хэмжих хэрэгсэлд тавих шаардлага.............................................

8.1.4 Динамик төлөв......................................................................

8.1.5 Туршилтын биетэд холбох...........................................................

8.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт...............................

8.3 Хэмжлийн системд хийх гүйцэтгэлийн туршилт.....................................

8.3.1 Жишиг арга (давууд тооцсон)................................................

8.3.2 C хавсралтын дагуу алхмын хариуны хэмжлээр нэмсэн хоёр дахь арга...........................

8.4 Динамик төлөвийн туршилт.............................................................

8.4.1 Жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулах (давууд тооцсон)...........

8.4.2 Алхмын хариуны параметрүүдэд үндэслэсэн хоёр дахь арга (C хавсралт)...........................................

8.5 Гүйцэтгэлийг шалгах...............................................................

8.5.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах............

8.5.2 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентыг шалгах.......

8.5.3 Жишиг бичлэгээр динамик төлөвийг шалгах..........................

9 Таслах, залгах импульсийн хүчдэлийг хэмжих...........................................................

9.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага.......................

9.1.1 Ерөнхий зүйл...........................................................................

9.1.2 Эргэлзээний нэмэр...................................................

9.1.3 Хэмжих хэрэгсэлд тавих шаардлага.............................................

9.1.4 Динамик төлөв.....................................................................

9.1.5 Туршилтын биетэд холбох...........................................................

9.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт...............................

9.3 Хэмжлийн системд хийх гүйцэтгэлийн туршилт.....................................

9.3.1 Жишиг арга (давууд тооцсон).........................................................

9.3.2 Алхмын хариуны хэмжлээр хавсаргасан хоёр дахь арга...............

9.4 Харьцуулалтаар хийх динамик төлөвийн туршилт.............................

9.5 Гүйцэтгэлийн шалгалт....................................................................................

9.5.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулж, хуваарийн коэффициентыг шалгах................................................

9.5.2 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентыг шалгах.......

9.5.3 Жишиг бичлэгээр динамик төлөвийг шалгах..........................

10 Жишиг хэмжлийн систем..............................................................

10.1 Жишиг хэмжлийн системд тавих шаардлага................................

10.1.1 Тогтмол хүчдэл...................................................................

10.1.2 Хувьсах хүчдэл...............................................................

10.1.3 Аянгын болон таслах залгах бүтэн ба хэрчигдсэн импульсийн хүчдэл.....................................................

10.2 Жишиг хэмжлийн системийг тохируулах..................................

10.2.1 Ерөнхий зүйл...............................................................

10.2.2 Жишиг арга: Харьцуулах хэмжил..............................

10.2.3 Импульсийн хүчдэлд зориулсан хоёр дахь арга: Хуваарийн коэффициентыг хэмжих, алхмын хариуны параметрийг үнэлэх.........

10.3 Жишиг хэмжлийн системийн дараалсан тохируулгуудын хоорондын интервал...............................................

10.4 Жишиг хэмжлийн системийг хэрэглэх..................................

A хавсралт (мэдээллийн) Хэмжлийн эргэлзээ...........................

B хавсралт (мэдээллийн) Өндөр хүчдэлийг хэмжих үеийн хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох жишээ............................................................

C хавсралт (мэдээллийн) Алхмын хариуг хэмжих.............................

D хавсралт (мэдээллийн) Алхмын хариуны хэмжлээс динамик төлөвийг тодорхойлоход зориулсан конволюцийн арга............................................

Ном зүй......................................................................................

1-р зураг – Хязгаарын давтамжуудын (f1; f2) жишээ бүхий далайц-давтамжийн хариу........................................................................

2-р зураг – Бүрэн хүчдэлийн хүрээний харьцуулалтаар тохируулах.............

3-р зураг – Тохируулгын эргэлзээний нэмэр (хамгийн багадаа хүчдэлийн 5 түвшний жишээ)............................

4-р зураг – Шугаман хамаарлын нэмэлт туршилттай, хүчдэлийн хязгаарласан хүрээнд харьцуулах аргаар тохируулах............................................................

5-р зураг – Хүчдэлийн өргөтгөсөн хүрээн дэх шугаман төхөөрөмжтэй хэмжлийн системийн шугаман хамаарлын туршилт.............................................................

6-р зураг – Хуваагдахгүй үндсэн fnom ((1…7)fnom хүрээнд туршилт хийсэн байх хэрэгтэй)давтамжуудад зориулсан хэмжлийн системийн хүлээн зөвшөөрөх хэвийн хэмжээ тогтоосон далайц давтамжийн хариуны тодруулсан хэсэг…........

7-р зураг – Үндсэн давтамжийн fnom1-ээсfnom2 (fnom1 –ээс 7 fnom2 хүртэл хүрээнд туршилт хийсэн байх хэрэгтэй)хүртэл хүрээнд зориулсан хэмжлийн системийн хүлээн зөвшөөрөх хэвийн хэмжээ тогтоосон далайц давтамжийн хариуны тодруулсан хэсэг................................................................................

A.1-р зураг – Энгийн магадлалын хуваарилалт p(x) ………………………….........

A.2-р зураг – Тэгш өнцөгт магадлалын хуваарилалт p(x) ………………………….

B.1-р зураг – Туршилт хийж байгаа X систем болон жишиг N системийг хооронд нь харьцуулах........................................................................................

B.2-р зураг – Жишиг N системд хамаарах X системийн импульсийн өсөх хугацааны ΔT1 хазайлт болон системүүдийн T1=0.8 µс ......1.6 µс хүрээнд байх дундаж T1m……………………………………………………….

C.1-р зураг – Хариуны параметрүүдийн тодорхойлолт........................

C.2-р зураг – Гажилтын эхний T0 хугацааны эхний гажилтыг харуулах нэгжийн алхмын хариу g(t)………………………………………………………..

C.3-р зураг – Алхмын хариуны хэмжилд тохиромжтой хэлхээ...............

1-р хүснэгт – Тогтмол хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд.........................................................................

2-р хүснэгт – Лугшилтын хэмжлийн үеийн эргэлзээний нэмрийг тодорхойлоход шаардагдах туршилтууд...............................................................

3-р хүснэгт – Хувьсах хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд.........................................................................

4-р хүснэгт – Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд.............................................................................

5-р хүснэгт – Таслах, залгах импульсийн хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд.............................................................................

6-р хүснэгт – Импульсийн хүчдэлийг хэмжих жишиг системд зориулан зөвлөмж болгосон хариуны параметрүүд.............................................................................

A.1-р хүснэгт – Чөлөөт үр дүнтэй νeff (p = 95,45 %) зэргүүдэд зориулсан хамруулах к коэффициент...........................................................

A.2-р хүснэгт – Эргэлзээний төсвийн схем.................................

B.1-р хүснэгт – Хүчдэлийн нэг түвшинд хэмжлийг харьцуулсан үр дүн...................

B.2-р хүснэгт – 5-тай тэнцүү хүчдэлийн h түвшнүүдэд (VXmax = 500кВ) зориулсан үр дүнгүүдийн хураангуй.................................................

B.3-р хүснэгт – Тогтоосон хуваарийн FX коэффициентын эргэлзээний төсөв............

B.4-р хүснэгт – Тогтоосон хуваарийн F коэффициентын эргэлзээний төсөв............

B.5-р хүснэгт – Импульсийн өсөх T1 хугацаа болон хазайлтуудад зориулсан тохируулгын үр дүн.....................................................................

B.6-р хүснэгт - Импульсийн өсөх хугацааны ΔT1cal хазайлтын эргэлзээний төсөв..................

**CONTENTS**

FOREWORD ..................................................................................................

1 Scope. ........................................................................................................

2 Normative references ....................................................................................

3 Terms and definitions. ......................................................................................

3.1 Measuring systems ........................................................................................

3.2 Components of a measuring system ..........................................

3.3 Scale factors ..........................................................................

3.4 Rated values .......................................................................

3.5 Definitions related to dynamic behaviour ............................

3.6 Definitions related to uncertainty.............................................................

3.7 Definitions related to tests on measuring systems ............................

4 Procedures for qualification and use of measuring systems. .............................

4.1 General principles ....................................................................................

4.2 Schedule of performance tests ................................................................

4.3 Schedule of performance checks ..............................................................

4.4 Requirements for the record of performance ...........................................

4.4.1 Contents of the record of performance ...................................

4.4.2 Exceptions ....................................................................................

4.5 Operating conditions ..................................................................................

4.6 Uncertainty .................................................................................................

5 Tests and test requirements for an approved measuring system and its components ...

5.1 General requirements ............................................................................

5.2 Calibration – Determination of the scale factor ......................................

5.2.1 Calibration of measuring systems by comparison with a reference measuring system (preferred method) ................................................

5.2.2 Determination of the scale factor of a measuring system from the scale factors of its components (alternative method) ..........................

5.3 Linearity test.............................................................................................

5.3.1 Application ...................................................................................

5.3.2 Alternative methods in order of suitability ..................................

5.4 Dynamic behaviour. ................................................................................

5.4.1 General ........................................................................................ 5.4.2 Determination of the amplitude/frequency response ...................

5.4.3 Reference method for impulse voltage measuring systems ............

5.5 Short-term stability .......................................................................................

5.6 Long-term stability..........................................................................................

5.7 Ambient temperature effect ........................................................................... 5.8 Proximity effect ..........................................................................................

5.9 Software effect ........................................................................................

5.10 Uncertainty calculation of the scale factor .........................................

5.10.1 General .....................................................................................

5.10.2 Uncertainty of the calibration ......................................................

5.10.3 Uncertainty of measurement using an approved measuring system.

5.11 Uncertainty calculation of time parameter measurement (impulse voltages only) .........................................................................................................

5.11.1 General ...................................................................................

5.11.2 Uncertainty of the time parameter calibration ...........................

5.11.3 Uncertainty of time parameter measurement using an approved measuring system .............................................

5.12 Interference test (transmission system and instrument for impulse voltage measurements) ...................................................................................

5.13 Withstand tests of converting device ..................................................

6 Measurement of direct voltage .....................................................................

6.1 Requirements for an approved measuring system. .................................

6.1.1 General .......................................................................................

6.1.2 Uncertainty contributions .........................................................

6.1.3 Requirement on converting device .............................................

6.1.4 Dynamic behaviour for measuring voltage changes. ....................

6.2 Tests on an approved measuring system ...........................................

6.3 Performance check ...........................................................................

6.3.1 General ......................................................................................

6.3.2 Comparison with an approved measuring system ..............................

6.3.3 Check of the scale factors of the components ..................................

6.4 Measurement of ripple amplitude ..........................................................

6.4.1 Requirements .........................................................................

6.4.2 Uncertainty contributions ......................................................

6.4.3 Calibrations and tests on an approved ripple voltage measuring system ...................................................................

6.4.4 Measurement of the scale factor at the ripple frequency ......

6.4.5 Dynamic behaviour by amplitude/frequency response ...........

6.4.6 Performance check for ripple measuring system ................

7 Measurement of alternating voltage ........................................................................

7.1 Requirements for an approved measuring system. .............................

7.1.1 General ....................................................................................

7.1.2 Uncertainty contributions ..........................................................

7.1.3 Dynamic behaviour ............................................................

7.2 Tests on an approved measuring system .......................................

7.3 Dynamic behaviour test .......................................................................

7.4 Performance check ..............................................................................

7.4.1 General ....................................................................................

7.4.2 Comparison with an approved measuring system ............

7.4.3 Check of the scale factors of the components ..............................

8 Measurement of lightning impulse voltage ...........................................................

8.1 Requirements for an approved measuring system. ............................

8.1.1 General .....................................................................................

8.1.2 Uncertainty contributions ..........................................................

8.1.3 Requirement on measuring instrument .........................

8.1.4 Dynamic behaviour ..........................................................

8.1.5 Connection to the test object ...............................................

8.2 Tests on an approved measuring system ...............................................

8.3 Performance test on measuring systems ...............................................

8.3.1 Reference method (preferred) ..........................................

8.3.2 Alternative method supplemented by a measurement of the step response according to Annex C ..............................................

8.4 Dynamic behaviour test.....................................

8.4.1 Comparison with a reference measuring system (preferred). ........

8.4.2 Alternative method based on step response parameters (Annex C) ..

8.5 Performance check ...............................................................................

8.5.1 Comparison with an approved measuring system ....................

8.5.2 Check of the scale factors of the components ...............................

8.5.3 Dynamic behaviour check by reference record ..............................

9 Measurement of switching impulse voltage ........................................

9.1 Requirements for an approved measuring system. ...............................

9.1.1 General ...................................................................................

9.1.2 Uncertainty contribution .........................................................

9.1.3 Requirements for the measuring instrument .......................

9.1.4 Dynamic behaviour ...........................................................

9.1.5 Connection to the test object ..............................................

9.2 Tests on an approved measuring system .........................................

9.3 Performance test on measuring systems ................................................

9.3.1 Reference method (preferred) ..................................................

9.3.2 Alternative methods supplemented by a step response measurement ...............................

9.4 Dynamic behaviour test by comparison.....................................................

9.5 Performance check ................................................................................

9.5.1 Scale factor check by comparison with an approved measuring system ..................................................................................

9.5.2 Check of the scale factors of the components ....................

9.5.3 Dynamic behaviour check by reference record ......................

10 Reference measuring systems ..............................................................................

10.1 Requirements for reference measuring systems ........................

10.1.1 Direct voltage .............................................................

10.1.2 Alternating voltage .............................................................

10.1.3 Full and chopped lightning and switching impulse voltages .....

10.2 Calibration of a reference measuring system. ..................................

10.2.1 General ..................................................................................

10.2.2 Reference method: Comparative measurement ...........

10.2.3 Alternative method for impulse voltages: Measurement of scale factor and evaluation of step response parameters .........................

10.3 Interval between successive calibrations of reference measuring systems .......

10.4 Use of reference measuring systems. ..................................

Annex A (informative) Uncertainty of measurement ................................................

Annex B (informative) Examples for the calculation of measuring uncertainties in highvoltage measurements .........................................................................

Annex C (informative) Step response measurements .........................................

Annex D (informative) Convolution method for the determination of dynamic behaviour from step response measurements ...........................................................

Bibliography ......................................................................................................

Figure 1 – Amplitude-frequency response with examples for limit frequencies (f1; f2)...

Figure 2 – Calibration by comparison over the full voltage range .....................

Figure 3 – Uncertainty contributions of the calibration (example with minimum of 5 voltage levels) .......................................................................................................

Figure 4 – Calibration by comparison over a limited voltage range, with an additional linearity test ......

Figure 5 – Linearity test of the measuring system with a linear device in the extended voltage range ................................................................................................

Figure 6 – Shaded area for acceptable normalised amplitude-frequency responses of measuring systems intended for single fundamental frequencies fnom (to be tested in the range (1….7) fnom) ......................................................................

Figure 7 – Shaded area for acceptable normalised amplitude-frequency responses of measuring systems intended for a range of fundamental frequencies fnom1 to fnom2 (to be tested in the range fnom1 to 7 fnom2) .............................................

Figure A.1 – Normal probability distribution p(x) ..........................................

Figure A.2 – Rectangular probability distribution p(x) ..........................................

Figure B.1 – Comparison between the system under test, X, and the reference system, N ........................

Figure B.2 – Front time deviation ΔT1,j of system X, related to the reference system N, and their mean ΔT1m in the range of T1 = 0,8 ms … 1,6 ms ....................

Figure C.1 – Definitions of response parameters.............................................

Figure C.2 – A unit-step response g(t) showing an initial distortion of initial distortion time T0 ....................................................................

Figure C.3 – Suitable circuits for step response measurement ..........................

Table 1 – Tests required for an approved direct voltage measuring system ..........

Table 2 – Required tests for uncertainty contributions in ripple measurement ..........

Table 3 – Tests required for an approved alternating voltage measuring system .........

Table 4 – Tests required for an approved lightning impulse voltage measuring system...

Table 5 – Tests required for a switching impulse voltage measuring system ........

Table 6 – Recommended response parameters for impulse voltage reference measuring systems ................................................................................................

Table A.1 – Coverage factor k for effective degrees of freedom νeff (p = 95,45 %) ......

Table A.2 – Schematic of an uncertainty budget .................................................

Table B.1 – Result of the comparison measurement at a single voltage level ........

Table B.2 – Summary of results for h = 5 voltage levels (VXmax = 500 kV) ...........

Table B.3 – Uncertainty budget of the assigned scale factor FX ......................

Table B.4 – Uncertainty budget of the assigned scale factor F..........................

Table B.5 – Calibration result for front time T1 and deviations .............................

Table B.6 – Uncertainty budget of the front time deviation ΔT1cal .........................

ОЛОН УЛСЫН ЦАХИЛГААН ТЕХНИКИЙН ХОРОО

**ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ТУРШИЛТ ХИЙХ АРГА –**

**2 дугаар хэсэг: Хэмжлийн систем**

ӨМНӨХ ҮГ

1. Олон Улсын Цахилгаан Техникийн Комисс (ОУЦТК) нь бүх үндэсний Цахилгаан техникийн хороог (ОУЦТК-ын Үндэсний хороод) нэгтгэсэн дэлхий нийтийн стандартчиллын байгууллага юм. ОУЦТК-ын зорилго нь цахилгаан болон элекроникийн салбарт стандартчиллын бүх асуудлаар олон улсын хамтын ажиллагааг дэмжих явдал байдаг. ОУЦТК нь энэ зорилгын хүрээнд хийх ажлууд, бусад үйл ажиллагаанаас гадна олон улсын стандартууд, Техникийн бичиг баримтууд, Техникийн илтгэлүүд, Олон нийтээр хэрэглэх боломжтой тодорхойлолтууд (PAS) болон Арга зүйн удирдамжууд (цаашид “ОУЦТК-ын нийтлэл гэх”)-ыг бэлтгэн нийтэлдэг. Нийтлэлүүд бэлтгэх ажлыг техникийн хороодод үүрэг болгох бөгөөд ОУЦТК-ын аливаа үндэсний хороо сонирхсон асуудлынхаа бэлтгэл ажилд оролцох боломжтой. Мөн ОУЦТК-той холбоотой ажилладаг олон улсын, төрийн, төрийн бус байгууллагууд энэ бэлтгэл ажилд оролцож болно. ОУЦТК нь хоёр байгууллага хоорондын гэрээгээр тодорхойлсон нөхцөлийн дагуу Олон Улсын Стандартчиллын Байгууллагатай (ОУСБ) нягт холбоотой ажилладаг.
2. Техникийн хороо бүрт тухайн асуудлыг сонирхсон Үндэсний бүх хорооны төлөөлөл байдаг тул ОУЦТК-оос техникийн асуудлаар гаргасан албан ёсны шийдвэр эсвэл хэлцэл нь хамааралтай сэдвүүдээр ирүүлсэн олон улсын саналын зөвшилцлийг нэгдмэл саналтайгаар илэрхийлнэ.
3. ОУЦТК-ын нийтлэлүүд нь олон улсын хэрэглээнд зориулсан зөвлөмж хэлбэртэй байх бөгөөд ОУЦТК-ын Үндэсний Хороод эдгээр нийтлэлийг гагцхүү энэ утгаар ойлгож хэрэглэдэг. ОУЦТК нь нийтлэлүүдийнхээ техникийн агуулгыг аль болох үнэн зөв илэрхийлэхийн тулд боломжит хүчин чармайлт гаргадаг хэдий ч хэрэглэгч бүрийн өмнө буюу эцсийн аливаа хэрэглэгчийн буруу ойлголтод хариуцлага хүлээхгүй болно.
4. Олон улсын хэмжээнд нийтлэг байх нөхцөлийг дэмжих зорилгоор ОУЦТК-ын Үндэсний Хороодоос ОУЦТК-ын нийтлэлүүдийг бүс нутгийн болон үндэсний нийтлэлүүдэд аль болох өргөн цар хүрээтэй, тодорхой тусгах үүрэг хүлээсэн. ОУЦТК-ын аливаа нийтлэлтэй таарах бүс нутгийн эсвэл үндэсний нийтлэлд гарсан ямар нэг зөрүүг дараа нь тодорхой тэмдэглэсэн байвал зохино.
5. ОУЦТК-оос тохирлын ямар нэгэн баталгаажуулалт гаргахгүй болно. Баталгаа олгох бие даасан байгууллагууд тохирлын үнэлгээний үйлчилгээ үзүүлэхээс гадна зарим салбарт ОУЦТК-оос тохирлын үнэлгээний үндсэн хэмжээг тодорхойлно. ОУЦТК нь баталгаа олгох бие даасан байгууллагаас үзүүлсэн ямар нэгэн үйлчилгээнд хариуцлага хүлээхгүй болно.
6. Бүх хэрэглэгч энэхүү нийтлэлийн хамгийн сүүлийн үеийн хэвлэлийг авсан гэдгээ өөрсдөө баталгаажуулах хэрэгтэй.
7. ОУЦТК буюу комиссын удирдлагууд, ажилтан, албан хаагчид эсвэл, бие даасан шинжээчид, техникийн хороодын болон ОУЦТК-ын Үндэсний хороодын гишүүдийг хамарсан төлөөлөгчдөд аливаа хувь хүний гэмтэл бэртэл, эд хөрөнгийн хохирол, эсвэл бусад төрлийн шууд буюу шууд бусаар учирсан гэмтлийн зардал (хуулиар тогтоогдсон хураамж г.м), мөн хэвлэн нийтлэх, хэрэглэх, эсвэл ОУЦТК энэ нийтлэл болон ОУЦТК-ын өөр нийтлэлтэй холбоотой гарсан төлбөрийн хариуцлага хүлээлгэхгүй болно.
8. Энэ нийтлэлд иш татсан норматив ишлэлийг анхааран авч үзэх хэрэгтэй. Лавлагаа өгөх нийтлэлийг хэрэглэхэд анхаарах зайлшгүй зүйл нь тухайн нийтлэлийг зөв хэрэглэх явдал юм.
9. ОУЦТК-ын энэ нийтлэлийн зарим бүрэлдэхүүн хэсгүүд зохиогчийн эрхийн дагуу хамгаалагдсан байж болохыг анхаарах хэрэгтэй. ОУЦТК нь аливаа эсвэл ийм төрлийн зохиогчийн эрхийн аль нэгийг буюу бүгдийг тодорхойлон заах хариуцлага хүлээхгүй болно.

Олон улсын IEC 60060-2 стандартыг ОУЦТК-ын Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга нэртэй 42-р техникийн хороо бэлтгэсэн.

Энэхүү гуравдугаар хэвлэл нь 1994 онд нийтлэгдсэн хоёрдугаар хэвлэлийг хүчингүй болгон, сольсон бөгөөд техникийн хяналтыг үндэслэнэ.

Өмнөх нийтлэлтэй харьцуулахад энэ нийтлэлд дараах чухал техникийн өөрчлөлтийг багтаасан. Үүнд:

1. Стандартыг хэрэглэхэд илүү хялбар болгохын тулд ерөнхий формат болон бичвэрийг шинэчилж, сайжруулсан.
2. Энэ стандартыг IEC 60076-1 стандарттай зэрэгцүүлэн хянасан.
3. Хэмжлийн эргэлзээг үнэлэх боловсруулалтыг өргөтгөсөн.

Энэ стандартын бичвэр нь дараах баримт бичигт үндэслэсэн болно.

|  |  |
| --- | --- |
| FDIS | Санал хураалтын тайлан |
| 42/281/FDIS | 42/287/RVD |

Энэхүү стандартыг батламжлах санал хураалтын бүх мэдээллийг дээрх хүснэгтэд заасан санал хураалтын тайланд тусгасан болно.

*Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга* гэсэн ерөнхий нэрээр нийтлэгдсэн IEC 60060 цувралын бүх хэсгийг ОУЦТК-ын вебсайтаас үзэх боломжтой.

Энэ нийтлэл нь ОУСБ/ОУЦТК-ын Удирдамжийн 2 дугаар хэсгийн заалтад нийцүүлэн боловсруулсан төсөл юм.

Тус хорооноос энэ нийтлэлийн агуулгыг ОУЦТК-ын "[http://webstore.iec.ch"](http://webstore.iec.ch/) сайтад заасан засварлах шийдвэрийн огноо хүртэл тухайн нийтлэлд хамаарах мэдээлэлд өөрчлөхгүй үлдээхээр шийдвэрлэсэн. Товлосон хугацаанд хэвлэгдэх нийтлэл

* дахин баталгаажуулсан,
* хэрэглэхээ больсон,
* хянасан нийтлэлээр сольсон эсвэл
* нэмэлт өөрчлөлт оруулсан байх болно.

**АЧ ХОЛБОГДОЛТОЙГ АНХААРНА УУ – Энэхүү нийтлэлийн хавтсан дээрх “дотроо өнгөтэй” гэсэн лого нь стандартын агуулгыг зөв ойлгоход хэрэгтэй гэж үзсэн өнгөтэй хэвлэснийг тэмдэглэсэн. Тиймээс хэрэглэгчид энэ баримт бичгийг хэвлэхдээ өнгөт принтер хэрэглэх шаардлагатай.**

**FOREWORD**

1. The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities. IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with maу participate in this preparatory work. International, governmental and non­governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the international Organization for standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2. The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3. IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate. IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4. In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5. IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6. All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7. No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, the IEC Publication or any other IEC Publications.
8. Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9. Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent nights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60060-2 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage testing techniques.

This third edition of IEC 60060-2 cancels and replaces the second edition, published in 1994, and constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are as follows:

a) The general layout and text was updated and improved to make the standard easier to use.

b) The standard was revised to align it with IEC 60060-1.

c) The treatment of measurement uncertainty estimation has been expanded.

The text of this standard is based on the following documents:

|  |  |
| --- | --- |
| FDIS | Report on voting |
| 42/281/FDIS | 42/287/RVD |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

A list of all parts of IEC 60060 series, under the general title High-voltage test techniques, can be found on the IEC website.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until maintenance result date indicated on the IEC web site under "[http://webstore.iec.ch"](http://webstore.iec.ch/) in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

* reconfirmed,
* withdrawn,
* replaced by a revised edition, or
* amended.

**IMPORTANT – The ‘colour inside’ logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

**МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ**

**Ангилалтын код**

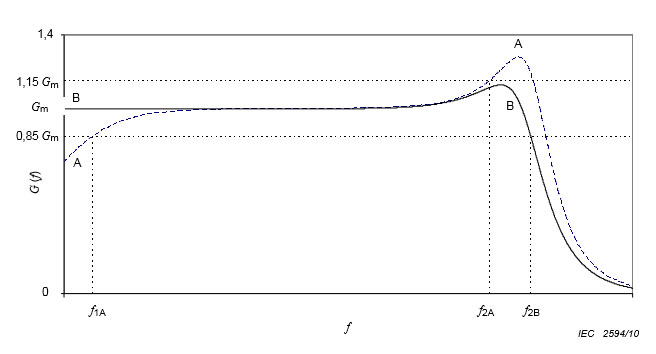
|  |  |
| --- | --- |
| **Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга – 2 дугаар хэсэг: Хэмжлийн систем** | **MNS IEC 60060-2:2020** |
| **High-voltage test techniques –**  **Part 2: Measuring systems** | **IEC 60060-2**  **Edition 3.0 2010-11** |

Стандартчиллын үндэсний зөвлөлийн 2020 оны … дугаар сарын ... -ны өдрийн ... дугаар тогтоолоор батлав.

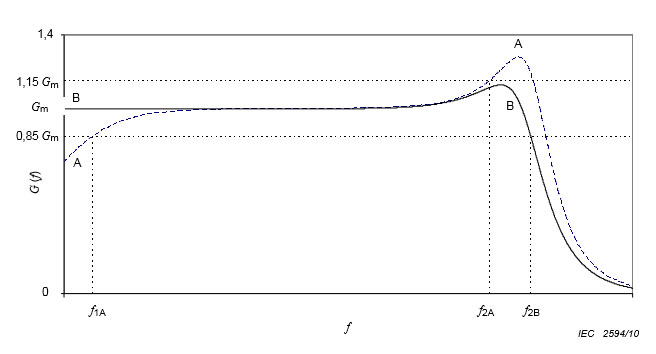
Энэ стандартыг 2020 оны ... дүгээр сарын ...-ний өдрөөс эхлэн дагаж мөрдөнө.

|  |  |
| --- | --- |
| **1 Хамрах хүрээ**  IEC 60060 стандартын энэ хэсгийг IEC 60060-1 стандартад тодорхойлсонтой адил тогтмол хүчдэл, хувьсах хүчдэл болон аянгын, мөн таслах залгах импульсийн хүчдэлтэй лабораторийн ба үйлдвэрийн туршилтын явцад өндөр хүчдэлийн хэмжилд хэрэглэдэг хэмжлийн иж бүрэн системүүд, эдгээр системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд хэрэглэх боломжтой. Ажлын талбайд хийх туршилтын явцын хэмжлийн хувьд IEC 60060-3 стандартыг үзнэ үү.  Энэ стандартад тогтоосон хэмжлийн эргэлзээний хязгаарыг IEC 60071-1:2006 стандартад заасан туршилтын түвшнүүдэд хэрэглэнэ. Энэ стандартын зарчмуудыг туршилтын илүү өндөр түвшинд мөн хэрэглэж болох ч эргэлзээ нь илүү их байна.  Энэхүү стандарт нь:   * хэрэглэсэн нэр томьёог тодорхойлно; * өндөр хүчдэлийн хэмжлийн эргэлзээг дүгнэх аргуудыг тайлбарлана; * хэмжлийн систем нь нийцэх хэрэгтэй шаардлагуудыг тогтооно; * хэмжлийн системийг баталгаажуулах, системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг шалгахад зориулсан аргуудыг тайлбарлана; * хэмжлийн эргэлзээнд зориулан тогтоосон хязгаарыг оруулаад, хэмжлийн систем энэ стандартын шаардлагад нийцэж байгааг хэрэглэгчээс тогтоох шаардлагатай горимуудыг тайлбарлана.   **2 Норматив эшлэл**  Эшлэл болгосон дараах баримт бичиг нь энэ стандартыг хэрэглэхэд зайлшгүй шаардлагатай. Огноо товлосон ишлэлд зөвхөн дурдсан нийтлэлийг хэрэглэнэ. Огноо товлоогүй ишлэлд иш татсан тухайн бичиг баримтын (аливаа нэмэлт өөрчлөлтийг оруулсан) хамгийн сүүлийн нийтлэлийг хэрэглэнэ.  IEC 60052, *Агаарын стандарт завсрын аргаар хүчдэлийг хэмжих*  IEC 60060-1, *Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга – 1 дүгээр хэсэг: Ерөнхий тодорхойлолт болон туршилтад тавих шаардлага*  IEC 61083-1, *Өндөр хүчдэлийн импульсийн туршилтад хийх хэмжилд зориулан хэрэглэдэг хэмжих хэрэгсэл болон программ хангамж – 1 дүгээр хэсэг: Хэмжих хэрэгсэлд тавих шаардлага*  IEC 61083-2, *Өндөр хүчдэлийн импульсийн туршилтад хийх хэмжилд зориулсан тоон системт бичигч – 2 дугаар хэсэг: Импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийн параметрүүдийг тодорхойлоход зориулан хэрэглэдэг программ хангамжийг үнэлэх*  ОУСБ/ОУЦТК-ын 2008 оны 98-3-р *Арга зүйн удирдамж,* *Хэмжлийн эргэлзээ – 3 дугаар хэсэг: Хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх арга зүйн удирдамж (GUM)*  ТАЙЛБАР: Олон улсын энэ стандартад оруулсан хамаарах өөр стандартууд, арга зүйн удирдамж зэргийг ном зүйд бичсэн.  **3 Нэр томьёо, тодорхойлолт**  Энэ баримт бичгийн шаардлагад зориулан дараах нэр томьёо, тодорхойлолтыг хэрэглэнэ.  **3.1 Хэмжлийн систем**  **3.1.1**  **хэмжлийн систем**  өндөр хүчдэлийн хэмжил хийхэд тохиромжтой төхөөрөмжүүдийн бүрэн иж бүрдэл; хэмжлийн үр дүнгүүдийг гаргах эсвэл тооцоолоход хэрэглэдэг, мөн хэмжлийн системийн нэг хэсгийг бүрдүүлдэг программ хангамж  1-Р ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем нь дараах бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг ихэнхдээ багтаана. Үүнд:  - энэ төхөөрөмжийг туршилтын биет эсвэл хэлхээ болон газарт холбоход шаардлагатай дамжуулах утсууд бүхий хувиргах төхөөрөмж;  - бууралт, төгсгөл болон бүрэн эсэргүүцэл эсвэл сүлжээний тохируулгатай хэмжих хэрэгсэлд хувиргах төхөөрөмжийн гаралтын утсуудыг холбох дамжуулах систем;  - цахилгаан тэжээлд залгах аливаа холболтын хамт байх хэмжих хэрэгсэл. Энэ баримт бичигт заасан эргэлзээний шаардлагуудад нийцэж байвал дээрх бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн зөвхөн заримд нийцэх эсвэл уламжлалт бус зарчимд суурилсан хэмжлийн системүүдийг хүлээн зөвшөөрөх боломжтой.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем ажиллах, хүчдэлтэй болон газардуулсан бүтцэд зориулсан системийн (клиренс) зай байх болон цахилгаан эсвэл соронзон орон орших хүрээлэн буй орчин нь хэмжлийн үр дүн, эргэлзээнд маш их нөлөөлж болно.  **3.1.2**  **гүйцэтгэлийн бичлэг**  хэмжлийн системийг тайлбарласан дэлгэрэнгүй бичлэг (хэрэглэгч хийж, хадгалсан) бөгөөд энэ стандартад тавьсан шаардлагуудыг хангасан гэсэн нотлох баримтыг багтаасан байна  ТАЙЛБАР: Энэ нотлох баримтад туршилтын эхний гүйцэтгэлийн үр дүн, туршилтын дараагийн гүйцэтгэл бүрийн үр дүн болон хуваарь, мөн гүйцэтгэлийн шалгалтыг багтаана.  **3.1.3**  **баталгаажуулсан хэмжлийн систем**  энэ баримт бичигт заасан шаардлагуудын нэг эсвэл түүнээс олон бүлэгт нийцсэн гэдгийг харуулсан хэмжлийн систем  **3.1.4**  **жишиг хэмжлийн систем**  үндэсний болон/эсвэл олон улсын холбогдох стандартуудад мөрддөг тохируулгатай, хэлбэлзлийн хэлбэр ба хүчдэлийн хүрээний тусгай төрөлтэй хэмжлүүдэд нэг зэрэг харьцуулах аргаар бусад системийг баталгаажуулахад хэрэглэхэд зориулсан хангалттай нарийвчлал, тогтвортой байдалтай хэмжлийн систем  ТАЙЛБАР: Жишиг хэмжлийн системийг (энэ стандартын шаардлагын дагуу нотолсон) баталгаажуулсан хэмжлийн систем шиг ашиглаж болох хэдий ч баталгаажуулсан хэмжлийн системийг жишиг хэмжлийн систем шиг хэрэглэх нь зөв биш болно.  **3.2 Хэмжлийн системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд**  **3.2.1**  **хувиргах төхөөрөмж**  хэмжих шаардлагатай хэмжигдэхүүнийг (хэмжигдэгч) хэмжих хэрэгсэлд тохирох хэмжигдэхүүнд хувиргахад зориулсан төхөөрөмж  **3.2.2**  **хүчдэл хуваагуур**  оролтын хүчдэлийг бүх төхөөрөмжөөр дамжуулан өгч, гаралтын хүчдэлийг нам хүчдэлийн мөрнөөс авдаг, өндөр хүчдэлийн мөр болон нам хүчдэлийн мөрнөөс бүрддэг хувиргах төхөөрөмж  ТАЙЛБАР: Энэ хоёр мөрний элементүүд нь резистор эсвэл конденсатор эсвэл тэдгээрийн хослол ихэнхдээ байдаг. Төхөөрөмжийг төрлөөр нь болон элементүүдийнх нь (жишээ нь, эсэргүүцлийн, багтаамжийн эсвэл эсэргүүцэл-багтаамжийн) зохион байгуулалтаар тэмдэглэнэ.  **3.2.3**  **хүчдэлийн трансформатор**  ашиглалтын хэвийн нөхцөлд хоёрдогч хүчдэл нь анхдагч хүчдэлээс шууд хамааралтай бөгөөд холболтын зөв чиглэлд хоёрдогч хүчдэл анхдагч хүчдэлийн фазаас тэгтэй ойролцоо өнцгөөр зөрөх хувиргах төхөөрөмж  [IEC 60050-321: 1986, 321-03-01]  **3.2.4**  **хүчдэлийг хувиргах бүрэн эсэргүүцэл**  гүйдлийг хэмжих хэрэгслээр хэмжихийн тулд өгсөн хүчдэлд пропорциональ гүйдлийг дамжуулдаг хувиргах төхөөрөмж  **3.2.5**  **цахилгаан орны сорьц**  цахилгаан орны далайц болон хэлбэлзлийн хэлбэрийг хэмжихэд зориулсан хувиргах төхөөрөмж  ТАЙЛБАР: Хэмжилд титэм эсвэл орон зайд тархах цэнэг нөлөөлөхгүй байх нөхцөлд цахилгаан орон үүсгэх хүчдэлийн хэлбэлзлийн хэлбэрийг хэмжихэд цахилгаан орны сорьцыг хэрэглэж болно.  **3.2.6**  **дамжуулах систем**  хувиргах төхөөрөмжийн гаралтын сигналыг хэмжих хэрэгсэлд дамжуулдаг төхөөрөмжүүдийн бүрдэл  1-Р ТАЙЛБАР: Дамжуулах систем нь коаксиаль кабелиас ихэнхдээ бүрддэг ч бууруулагч, өсгөгч эсвэл хувиргах төхөөрөмж болон хэмжих хэрэгслийн хооронд холбогдсон бусад төхөөрөмжийг багтааж болно. Жишээ нь, оптик холбоос нь нэвтрүүлэх төхөөрөмж, шилэн кабель болон хүлээн авагч, мөн холбогдох өсгөгчүүдийг багтаадаг.  2-Р ТАЙЛБАР: Дамжуулах системийг хэсэгчлэн эсвэл бүхэлд нь хувиргах төхөөрөмж эсвэл хэмжих хэрэгсэлд багтаах боломжтой.  **3.2.7**  **хэмжих хэрэгсэл**  дангаар нь эсвэл нэмэлт төхөөрөмжүүдтэй холбон хэмжил хийхэд зориулсан төхөөрөмж  [IEC 60050-300: 2001, 311-03-01]  **3.3 Хуваарийн коэффициент**  **3.3.1**  **хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициент**  иж бүрэн хэмжлийн системийн оролтын хэмжигдэхүүний утгыг тодорхойлохын тулд хэмжих хэрэгслийн заалтын утгыг үржүүлдэг коэффициент  1-Р ТАЙЛБАР: Нэг хэмжлийн систем нь ялгаатай тогтоосон хэмжлийн хүрээ, давтамжийн хүрээ эсвэл хэлбэлзлийн хэлбэрт зориулсан олон хуваарийн коэффициенттой байж болно.  2-Р ТАЙЛБАР: Оролтын хэмжигдэхүүний утгыг дэлгэцэнд шууд харуулдаг хэмжлийн системийн хувьд хэмжлийн системийн нэрлэсэн хуваарийн коэффициент нь нэгж байна.  **3.3.2**  **хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент**  хувиргах төхөөрөмжийн оролтын хэмжигдэхүүнийг тодорхойлохын тулд тухайн төхөөрөмжийн гаралтын хэмжигдэхүүнийг үржүүлдэг коэффициент  ТАЙЛБАР: Хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент хэмжигдэхүүнгүй (жишээ нь, хуваагуурын харьцаа) эсвэл хэмжигдэхүүнтэй (жишээ нь, хүчдэл хувиргах бүрэн эсэргүүцлийн бүрэн эсэргүүцэл) байх боломжтой.  **3.3.3**  **дамжуулах системийн хуваарийн коэффициент**  дамжуулах системийн оролтын хэмжигдэхүүнийг тодорхойлохын тулд тухайн системийн гаралтын хэмжигдэхүүнийг үржүүлдэг коэффициент  **3.3.4**  **хэмжих хэрэгслийн хуваарийн коэффициент**  хэмжих хэрэгслийн оролтын хэмжигдэхүүнийг тодорхойлохын тулд тухайн хэмжих хэрэгслийн заалтыг үржүүлдэг коэффициент  **3.3.5**  **тогтоосон хуваарийн коэффициент**  **F**  хамгийн сүүлийн гүйцэтгэлийн туршилтаар тодорхойлсон, хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициент  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем нэгээс олон тогтоосон хуваарийн коэффициенттой байж болно; жишээ нь, хэмжлийн систем тус бүрдээ ялгаатай хуваарийн коэффициенттой хэд хэдэн хязгаар болон/эсвэл хугацааны нэрлэсэн үетэй байх боломжтой.  **3.4 Хэвийн утга**  **3.4.1**  **ажлын нөхцөл**  хэмжлийн систем эргэлзээний тодорхойлсон хязгааруудад ажиллах үеийн нөхцөлийг тогтоосон хүрээнүүд  **3.4.2**  **хэвийн ажлын хүчдэл**  хэмжлийн системийг хэрэглэхэд зориулсан давтамж эсвэл хэлбэлзлийн хэлбэрт тодорхойлсон давтамж эсвэл хэлбэлзлийн хэлбэрийн хүчдэлийн хамгийн их түвшин  ТАЙЛБАР: Хэвийн ажлын хүчдэл нь тогтоосон хэмжлийн хүрээний дээд хязгаараас илүү өндөр байж болно.  **3.4.3**  **тогтоосон хэмжлийн хүрээ**  хэмжлийн системийг хуваарийн нэг коэффициентод хэрэглэж болохоор тухайн хуваарийн коэффициентоор ялгасан, тодорхой давтамж эсвэл хэлбэлзлийн хэлбэрийн хүчдэлийн хүрээ  1-Р ТАЙЛБАР: Тогтоосон хэмжлийн хүрээний хязгааруудыг хэрэглэгч сонгодог бөгөөд энэ стандартад тодорхойлсон гүйцэтгэлийн туршилтаар шалгадаг.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем нь ялгаатай хуваарийн коэффициентууд бүхий нэгээс олон тогтоосон хэмжлийн хүрээтэй байж болно.  **3.4.4**  **тогтоосон ажлын хугацаа**  хэмжлийн системийг тухайн хугацааны туршид тогтмол эсвэл хувьсах хүчдэлд зориулан тогтоосон хэмжлийн хүрээний дээд хязгаарт ажиллуулах боломжтой хамгийн урт хугацаа  **3.4.5**  **хэрэглээний тогтоосон үзүүлэлт**  тогтоосон хэмжлийн хүрээний хэмжлийн системийн хамгийн дээд хязгаарт тухайн хэмжлийн системийг ажиллуулах боломжтой тодорхойлсон хугацааны интервалд зориулсан тодорхой хүчдэлийн импульсийн хамгийн өндөр үзүүлэлт  ТАЙЛБАР: Энэ үзүүлэлтийг минут тутмын хэрэглээ болон минут эсвэл цагаар авсан хугацааны интервал хэлбэрээр ихэнхдээ өгдөг.  **3.5 Динамик төлөвт хамаарах тодорхойлолт**  **3.5.1**  **хэмжлийн системийн хариу**  **G**  тодорхойлсон хүчдэлийг системийн оролтод өгөх үед хугацаа эсвэл давтамжийн функц байдлаар илэрхийлэгдэх гаралт  **3.5.2**  **далайц- давтамжийн хариу,**  **G(f)**  оролт синусиод байх үед f давтамжийн функц байдлаар илэрхийлэх, хэмжлийн системийн гаралтыг оролтод харьцуулсан харьцаа (1-р зургийг үзнэ үү) | **1 Scope**  This part of IEC 60060 is applicable to complete measuring systems, and to their components, used for the measurement of high voltages during laboratory and factory tests with direct voltage, alternating voltage and lightning and switching impulse voltages as specified in IEC 60060-1. For measurements during on-site tests see IEC 60060-3.  The limits on uncertainties of measurements stated in this standard apply to test levels stated in IEC 60071-1:2006. The principles of this standard apply also to higher levels but the uncertainty may be greater.  This standard:   * defines the terms used; * describes methods to estimate the uncertainties of high-voltage measurements; * states the requirements which the measuring systems shall meet; * describes the methods for approving a measuring system and checking its components; * describes the procedures by which the user shall show that a measuring system meets the requirements of this standard, including the limits set for the uncertainty of measurement.   **2 Normative references**  The following referenced documents are indispensable for the application of this standard. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.  IEC 60052, *Voltage measurement by means of standard air gaps*  IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*  IEC 61083-1, *Instruments and software used for measurement in high-voltage impulse tests – Part 1: Requirements for instruments*  IEC 61083-2, *Digital recorders for measurement in high-voltage impulse tests – Part 2: Evaluation of software used for the determination of the parameters of impulse waveforms*  ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurements (GUM)*  NOTE Further related standards, guides, etc. on subjects included in this International Standard are given in the bibliography.  **3 Terms and definitions**  For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.  **3.1 Measuring systems**  **3.1.1**  **measuring system**  complete set of devices suitable for performing a high-voltage measurement; software, used to obtain or calculate measuring results, also forms a part of the measuring system  NOTE 1 A measuring system usually comprises the following components:  – a converting device with the leads required for connecting this device to the test object or into the circuit and the connections to earth;  – a transmission system connecting the output terminals of the converting device to the measuring instruments with its attenuating, terminating and adapting impedances or networks;  – a measuring instrument together with any connection to the power supply. Measuring systems which comprise only some of the above components or which are based on non-conventional principles are acceptable if they meet the uncertainty requirements specified in this document.  NOTE 2 The environment in which a measuring system functions, its clearances to live and earthed structures and the presence of electric or magnetic fields may significantly affect the measurement result and its uncertainty.  **3.1.2**  **record of performance**  detailed record, established and maintained by the user, describing the measuring system and containing evidence that the requirements given in this standard have been met  NOTE This evidence includes the results of the initial performance test and the schedule and results of each subsequent performance test and performance check.  **3.1.3**  **approved measuring system**  measuring system that is shown to comply with one or more of the sets of requirements set out in this document  **3.1.4**  **reference measuring system**  measuring system with its calibration traceable to relevant national and/or international standards, and having sufficient accuracy and stability for use in the approval of other systems by making simultaneous comparative measurements with specific types of waveform and ranges of voltage  NOTE A reference measuring system (maintained according to the requirements of this standard) may be used as an approved measuring system but the converse is not true.  **3.2 Components of a measuring system**  **3.2.1**  **converting device**  device for converting the quantity to be measured (measurand) into a quantity, compatible with the measuring instrument  **3.2.2**  **voltage divider**  converting device consisting of a high-voltage and a low-voltage arm such that the input voltage is applied across the complete device and the output voltage is taken from the low-voltage arm  NOTE The elements of the two arms are usually resistors or capacitors or combinations of these. The device is designated by the type and arrangement of its elements (for example, resistive, capacitive or resistive-capacitive).  **3.2.3**  **voltage transformer**  converting device consisting of a transformer in which the secondary voltage, in normal conditions of use, is substantially proportional to the primary voltage and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections [IEC 60050-321: 1986, 321-03-01]  **3.2.4**  **voltage converting impedance**    converting device which carries a current proportional to the applied voltage to be measured with a current measuring instrument  **3.2.5**  **electric-field probe**  converting device for the measurement of the amplitude and waveform of an electric field  NOTE An electric-field probe may be used to measure the waveform of the voltage producing the field provided that the measurement is not affected by corona or space charges.  **3.2.6**  **transmission system**  set of devices that transfers the output signal of a converting device to a measuring instrument  NOTE 1 A transmission system usually consists of a coaxial cable with its terminating impedance, but it may include attenuators, amplifiers, or other devices connected between the converting device and the measuring instrument. For example, an optical link includes a transmitter, an optical cable and a receiver as well as related amplifiers.  NOTE 2 A transmission system may be partially or completely included in the converting device or in the measuring instrument.  **3.2.7**  **measuring instrument**  device intended to make measurements, alone or in conjunction with supplementary devices  [IEC 60050-300: 2001, 311-03-01]  **3.3 Scale factors**  **3.3.1**  **scale factor of a measuring system**  factor by which the value of the measuring-instrument reading is multiplied to obtain the value of the input quantity of the complete measuring system  NOTE 1 A measuring system may have multiple scale factors for different assigned measurement ranges, frequency ranges or waveforms.  NOTE 2 For measuring systems that display the value of the input quantity directly, the nominal scale factor of the measuring system is unity.  **3.3.2**  **scale factor of a converting device**    factor by which the output of the converting device is multiplied to obtain its input quantity  NOTE The scale factor of a converting device may be dimensionless (for example, the ratio of a divider) or may have dimensions (for example, the impedance of a voltage converting impedance).  **3.3.3**  **scale factor of a transmission system**  factor by which the output of a transmission system is multiplied to obtain its input quantity  **3.3.4**  **scale factor of a measuring instrument**  factor by which the instrument reading is multiplied to obtain its input quantity  **3.3.5**  **assigned scale factor**  **F**  scale factor of a measuring system determined at the most recent performance test  NOTE A measuring system may have more than one assigned scale factor; for example, it may have several ranges and/or nominal epochs, each with a different scale factor.  **3.4 Rated values**  **3.4.1**  **operating conditions**  specified ranges of conditions under which a measuring system will operate within the specified uncertainty limits  **3.4.2**  **rated operating voltage**  maximum level of voltage of specified frequency or waveform at which a measuring system is designed to be used    NOTE The rated operating voltage may be higher than the upper limit of the assigned measurement range.  **3.4.3**  **assigned measurement range**  range of voltage of specified frequency or waveform, characterized by a single scale factor, in which a measuring system may be used  NOTE 1 The limits of the assigned measurement range are chosen by the user and verified by the performance tests specified in this standard.  NOTE 2 A measuring system can have more than one assigned measurement range with different scale factors.  **3.4.4**  **assigned operating time**  longest time during which a measuring system for direct or alternating voltages can operate at the upper limit of the assigned measurement range  **3.4.5**  **assigned rate of application**  highest rate of specified voltage impulses for a specified time interval, at which the measuring system can operate at its upper limit of the assigned measurement range    NOTE The rate is usually given as applications per minute and the time interval in minutes or hours.  **3.5 Definitions related to dynamic behaviour**  **3.5.1**  **response of a measuring system,**  **G**  output, as a function of time or frequency, when a specified voltage is applied to the input of the system  **3.5.2**  **amplitude-frequency response,**  **G(f)**  ratio of the output to the input of a measuring system as a function of frequency f, when the input is sinusoidal (see Figure 1) |

**1-р зураг - Хязгаарын давтамжуудын (f1; f2) жишээ бүхий далайц-давтамжийн хариу**

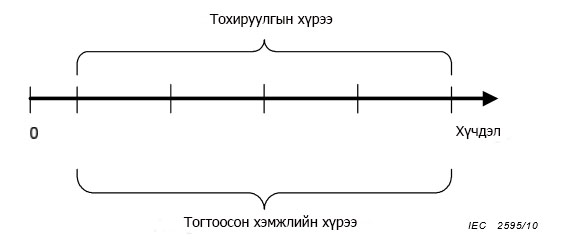
****

**Figure 1 – Amplitude-frequency response with examples for limit frequencies (f1; f2)**

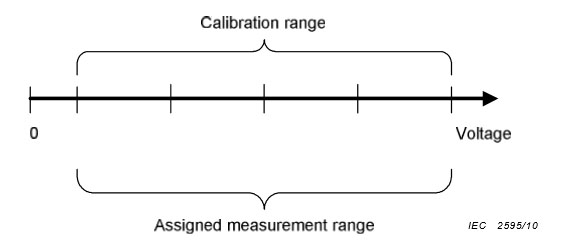
****

|  |  |
| --- | --- |
| **3.5.3**  **алхмын хариу**  **G(t)**  оролт нь алхмын функц байх үед хугацааны функц байдлаар илэрхийлсэн хэмжлийн системийн гаралт  ТАЙЛБАР: Алхмын хариу болон алхмын хариуны параметрийн тухай мэдээллийг C хавсралтаас үзнэ үү.  **3.5.4**  **хугацааны нэрлэсэн үе (зөвхөн импульсийн хүчдэл),**  **ƬN1**  баталгаажуулах шаардлагатай хэмжлийн системд зориулсан импульсийн хүчдэлийн хамаарах хугацааны параметрийн хамгийн бага (tmin) болон хамгийн их (tmax) утгуудын хоорондын хязгаар  1-Р ТАЙЛБАР: Хамаарах хугацааны параметр нь:  - бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульсэд зориулсан импульсийн өсөлтийн T1 хугацаа  - урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсэд зориулсан хэрчилтийн Tc хугацаа  - таслах, залгах импульсэд зориулсан оргил утгын Tp хугацаа байна.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем нь ялгаатай хэлбэлзлийн хэлбэрүүдэд зориулсан нэг, хоёр эсвэл түүнээс олон хугацааны нэрлэсэн үетэй байж болно. Жишээ нь, тодорхой хэмжлийн системийг дараах байдлаар баталгаажуулсан байх боломжтой. Үүнд:  - хэрэв 0,84 µс-ээс 1,56 µс хүртэл хүлцэлтэй бол T1 = 0,8 µс-ээс T1 = 1,8 µс хүртэл хугацааны нэрлэсэн ƬN1 үеийн туршид тогтоосон хуваарийн F1 коэффициенттой, бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульсэд зориулсан;  - эсвэл Tc = 0,5 µс-ээс Tc = 0,9 µс хүртэл хугацааны нэрлэсэн ƬN2 үеийн туршид тогтоосон хуваарийн F2 коэффициенттой, урд хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульсэд зориулсан;  - Tp = 150 µс-ээс Tp = 500 µс хүртэл нэрлэсэн ƬN3 үеийн туршид тогтоосон хуваарийн F3 коэффициенттой, таслах залгах импульсэд зориулсан байна.  3-Р ТАЙЛБАР: “Урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульс”-ийг 0,5 µс-ээс хэт их утгатай хугацаа хүртэл хүрээнд байх хэрчих хугацаатай хэрчигдсэн импульсийг тэмдэглэхийн тулд хэрэглэдэг. Үүнийг хэт их утгатай хугацаанаас илүү хэрчих хугацаатай “сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульс”-ээс ялгах хэрэгтэй.  **3.5.5**  **хязгаарын давтамж,**  **f1 and f2**  далайц-давтамжийн хариу бараг тогтмол байх хүрээний доод болон дээд хязгаар (1-р зураг)  ТАЙЛБАР: Эдгээр хязгаарт хариу тогтмол утгаас тодорхой хэмжээгээр (жишээ нь, нэмэх/хасах 15%) эхлээд хазайна. Зөвшөөрөгдөх хазайлтыг хэмжлийн системийн хүлээн зөвшөөрөх боломжтой эргэлзээнд хамруулах шаардлагатай.  **3.6 Эргэлзээнд хамаарах тодорхойлолт**  **3.6.1**  **хүлцэл**  хэмжсэн утга болон тодорхойлсон утгын хоорондын зөвшөөрөгдсөн зөрүү  1-Р ТАЙЛБАР: Энэ зөрүүг хэмжлийн эргэлзээнээс ялгах хэрэгтэй.  2-Р ТАЙЛБАР: Туршилтын хэмжсэн утгыг туршилтын тодорхойлсон түвшний тогтоосон хүлцлийн дотор байхыг шаардана.  **3.6.2**  **алдаа**  хэмжсэн тоо хэмжээг жишиг тоо хэмжээний утгаас хассан утга  [ОУСБ/ОУЦТК-ын 99-р Арга зүйн удирдамж (VIM 2.16)]  **3.6.3**  **эргэлзээ (хэмжлийн)**  хэмжлийн үр дүнтэй холбоотой бөгөөд хэмжигдэгчид үндэслэлтэйгээр хамааруулж болох утгуудын сарнилтыг тодорхойлох параметр  [IEC 60050-300: 2001, 311-01-02]  1-Р ТАЙЛБАР: Эргэлзээ нь эерэг бөгөөд тэмдэггүй бичнэ.  2-Р ТАЙЛБАР: Хүчдэлийн хэмжлийн эргэлзээг туршилтын тодорхойлсон хүчдэлийн хүлцэлтэй андуурахгүй байвал зохино.  3-Р ТАЙЛБАР: Нэмэлт мэдээллийг A болон B хавсралтаас үзнэ үү.  **3.6.4**  **стандарт эргэлзээ,**  **u**  стандарт хазайлт байдлаар илэрхийлэгдсэн хэмжлийн үр дүнгийн эргэлзээ  [ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамж (GUM 2.3.1)]  1-Р ТАЙЛБАР: Хэмжигдэгчийн дүгнэлттэй холбоотой стандарт эргэлзээ нь хэмжигдэгчтэй адил хэмжигдэхүүнтэй байна.  2-Р ТАЙЛБАР: Зарим нөхцөлд хэмжлийн харьцангуй стандарт эргэлзээ тохиромжтой байж болно. Хэмжлийн харьцангуй стандарт эргэлзээ нь стандарт эргэлзээг хэмжигдэгчид хуваасан харьцаа учраас хэмжигдэхүүнгүй байдаг.  **3.6.5**  **нийлмэл стандарт эргэлзээ,**  **uc**  олон тооны бусад хэмжигдэхүүний утгуудаас үр дүнг гаргах үед хэмжлийн энэ үр дүнгийн стандарт эргэлзээ нь хэмжлийн үр дүн эдгээр хэмжигдэхүүний өөрчлөлтөөс хэрхэн шалтгаалахад нийцүүлэн жигнэсэн энэ хэмжигдэхүүнүүдийн зөрүү эсвэл ковариаци болсон гишүүдийн нийлбэрийн эерэг квадрат язгууртай тэнцүү  [ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамж (GUM 2.3.4)]  **3.6.6**  **өргөтгөсөн эргэлзээ**  **U**  хэмжигдэгчид үндэслэлтэйгээр хамааруулж болох утгуудын хуваарилалтын их хэсгийг хамарна гэж хүлээж болох хэмжлийн үр дүнгийн ойролцоо интервалыг тодорхойлох хэмжигдэхүүн  [ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамж (GUM 2.3.5)]  1-Р ТАЙЛБАР: Өргөтгөсөн эргэлзээ нь энэ стандартын өмнөх нийтлэлд хэрэглэсэн “нийт эргэлзээ” гэсэн нэр томьёонд хамгийн ойрхон тохирно.  2-Р ТАЙЛБАР: Туршилтын хүчдэлийн бодит гэхдээ мэдэгдэхгүй утга нь эргэлзээгээр заасан хязгааруудын гадна байж болно, учир нь хамруулах магадлал 100%-аас бага байдаг (3.6.7-г үзнэ үү).  **3.6.7**  **хамруулах коэффициент**  **k**  өргөтгөсөн эргэлзээг тодорхойлохын тулд нийлмэл стандарт эргэлзээний үржүүлэгч байдлаар хэрэглэдэг тоон коэффициент  [ISO/IEC Арга зүйн удирдамж 98-3 (GUM 2.3.6)]  ТАЙЛБАР: 95%-ийн хамруулах магадлалын болон энгийн (Гауссын) магадлалын хуваарилалтын хамруулах k коэффициент ойролцоогоор 2-той тэнцүү байна.  **3.6.8**  **A төрлийн үнэлгээ**  цуврал ажиглалтын статистик дүн шинжилгээгээр стандарт эргэлзээг үнэлэх арга  **3.6.9**  **B төрлийн үнэлгээ**  цуврал ажиглалтын статистик дүн шинжилгээнээс бусад аргаар стандарт эргэлзээг үнэлэх арга  **3.6.10**  **шинжлэх боломж**  бүх харьцуулалт нь тогтоосон эргэлзээтэй байх харьцуулалтуудын тасалдаагүй дарааллаар дамжуулах арга замаар тогтоосон жишиг, ихэнхдээ үндэсний эсвэл олон улсын стандартад хамаарч болох хэмжлийн үр дүн эсвэл стандартын утгын шинж чанар  [IEC 60050-300: 2001, 311-01-15]  **3.6.11**  **Үндэсний Хэмжил зүйн байгууллага**  нэг эсвэл түүнээс олон хэмжигдэхүүнд зориулсан үндэсний хэмжлийн стандартуудыг хөгжүүлэх болон дэмжих үндэсний шийдвэрээр байгуулагдсан байгууллага  **3.7 Хэмжлийн системд хийх туршилтад хамаарах тодорхойлолт**  **3.7.1**  **тохируулга**  хэмжлийн заалт болон үр дүнгийн хооронд тодорхойлсон нөхцөлд оршин байдаг хамаарал, стандартуудын жишгээр тогтоодог үйл ажиллагааны бүрдэл  [IEC 60050-300: 2001, 311-01-09]  ТАЙЛБАР: Хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох нь тохируулгад орно.  **3.7.2**  **загварын туршилт**  бүтээгдэхүүний загварын нэг эсвэл түүнээс олон элементэд хийсэн тохирлын туршилт  [IEC 60050-151: 2001, 151-16-16]  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн системийн хувьд энэ нь ажлын нөхцөлд тухайн системийг тодорхойлохын тулд бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл адилхан хийцийн иж бүрэн хэмжлийн системд хийсэн туршилт гэж ойлгоно.  **3.7.3**  **ээлжит туршилт**  үйлдвэрлэлийн явцад эсвэл дараа нь салангид элемент бүрд хийсэн тохирлын туршилт  [IEC 60050-151: 2001, 151-16-17]  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн системийг ажлын нөхцөлд тодорхойлохын тулд бүрэлдэхүүн хэсэг бүрд эсвэл иж бүрэн хэмжлийн систем бүрд хийсэн туршилт гэж ойлгоно.  **3.7.4**  **гүйцэтгэлийн туршилт**  хэмжлийн системийг ажлын нөхцөлд тодорхойлохын тулд иж бүрэн хэмжлийн системд хийсэн туршилт  **3.7.5**  **гүйцэтгэлийн шалгалт**  хамгийн сүүлд хийсэн гүйцэтгэлийн туршилтын үр дүн нь хүчинтэй хэвээр гэдгийг баталгаажуулах энгийн арга  **3.7.6**  **жишиг бичлэг (зөвхөн импульсийн хэмжилд)**  гүйцэтгэлийн туршилтын тодорхойлсон нөхцөлд хийсэн бөгөөд адилхан нөхцөлд хийх шаардлагатай цаашдын туршилт эсвэл шалгалтын бичлэгтэй харьцуулахын тулд хадгалсан бичлэг  ТАЙЛБАР: Жишиг бичлэгүүдийг ихэнхдээ “хурууны хээ” гэж нэрлэдэг бөгөөд динамик төлөвийн тодорхойломж шиг хэрэглэнэ. Импульсийн хүчдэлийн хэмжлийн үеийн бичлэгүүдийг алхмын хариуны хэмжлээс (C хавсралт) ихэвчлэн авдаг.  **4 Хэмжлийн системийн зэрэг болон хэрэглээнд зориулсан горим**  **4.1 Ерөнхий зарчим**  Баталгаажуулсан хэмжлийн систем бүрд эхний туршилт хийж, дараа нь ашиглалтын хугацааны туршид гүйцэтгэлийн туршилт (үе шаттай хийнэ, 4.2-ыг үзнэ үү) болон гүйцэтгэлийн шалгалт (үе шаттай хийнэ, 4.3-ыг үзнэ үү) хийх хэрэгтэй. Эхний туршилт загварын туршилт (адилхан хийцийн бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл системд хийсэн) болон ээлжит туршилтаас (бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл систем бүрд хийсэн) бүрдэнэ.  Гүйцэтгэлийн туршилт болон шалгалтаар тухайн хэмжлийн систем нь урьдчилан төлөвлөсөн туршилтын хүчдэлийг энэ стандартад заасан эргэлзээний хүрээнд хэмжиж чадах, тухайн хэмжил нь үндэсний болон/эсвэл олон улсын хэмжлийн стандартад мөрддөг байхыг батлах хэрэгтэй. Системийг зөвхөн гүйцэтгэлийнх нь бичлэгт оруулсан ажлын нөхцөл болон угсралтад зориулан баталгаажуулна.  Хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг урт хугацааны туршид тогтмол хэвээр үлдээхийн тулд хэмжлийн системд хэрэглэдэг хувиргах төхөөрөмж, дамжуулах систем болон хэмжих хэрэгсэлд тавих үндсэн шаардлага нь дээрх төхөөрөмжүүд ажлын нөхцөлийн тодорхойлсон хязгаарт тогтвортой байх явдал юм. Тогтоосон хуваарийн коэффициентыг гүйцэтгэлийн туршилтад хийх тохируулгаар тодорхойлдог. Хэрэглэгч хэмжлийн систем(үүд)ийнхээ зэргийг тогтоохын тулд энэ стандартад заасан туршилтуудыг хийх шаардлагатай. Өөр нэг хувилбар нь аливаа хэрэглэгч тохируулах хэмжигдэхүүний хувьд итгэмжлэгдсэн Үндэсний Хэмжил зүйн байгууллага эсвэл Тохируулгын итгэмжлэгдсэн лабораторид хийсэн гүйцэтгэлийн туршилтыг сонгож болно. Бүх тохиолдолд хэрэглэгч туршилтын өгөгдлийг гүйцэтгэлийн бичлэгт оруулах хэрэгтэй.  Аливаа тохируулгыг үндэсний болон/ эсвэл олон улсын стандартуудад мөрддөг байвал зохино. Жишиг хэмжлийн систем болон нийцэх горимыг ашиглан мэргэжилтэй ажилтнаар гүйцэтгүүлсэн, аливаа өөрөө-хийсэн тохируулгыг хэрэглэгч батлах шаардлагатай.  ТАЙЛБАР: Магадлан итгэмжлэлийн хүрээнд тохируулж, бүртгүүлсэн хэмжигдэхүүний хувьд итгэмжлэгдсэн Үндэсний Хэмжил зүйн байгууллага эсвэл итгэмжлэгдсэн лабораторид гүйцэтгэсэн тохируулгыг үндэсний болон/эсвэл олон улсын стандартад мөрддөг гэж үздэг.  **4.2 Гүйцэтгэлийн туршилтын хуваарь**  Хэмжлийн системийн чанар, тухайн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициент(ууд)ыг батлахын тулд гүйцэтгэлийн үе шаттай туршилтаар тодорхойлох хэрэгтэй. Гүйцэтгэлийн туршилтуудын хоорондын хугацааг хэмжлийн системийн тогтвортой байдлын өмнөх үнэлгээнд суурилсан байвал зохино. Гүйцэтгэлийн туршилтыг жил бүр давтаж хийх хэрэгтэй гэж зөвлөдөг хэдий ч хамгийн их хугацаа нь таван жилээс ихгүй байхыг шаардана.  ТАЙЛБАР: Гүйцэтгэлийн туршилтуудын хоорондын урт хугацаатай интервал нь хэмжлийн системд илрэхгүй байх өөрчлөлтийн эрсдэлийг нэмэгдүүлж болно.  Хэмжлийн системд хийсэн их засварын дараа болон гүйцэтгэлийн бичлэгт заасан хязгааруудаас хэтэрсэн хэлхээний схем хэрэглэх шаардлагатай тохиолдол бүрд гүйцэтгэлийн туршилт хийх хэрэгтэй.  Тогтоосон хуваарийн коэффициент хүчингүй болсныг гүйцэтгэлийн шалгалтаар тогтоосны дүнд гүйцэтгэлийн туршилт хийх шаардлагатай болсон үед энэ туршилтыг хийхээс өмнө хуваарийн коэффициент өөрчлөгдсөн шалтгааныг судалсан байвал зохино.  **4.3 Гүйцэтгэлийн шалгалтын хуваарь**  Гүйцэтгэлийн бичлэгт харуулсан шиг хэмжлийн системийн бүртгэгдсэн тогтвортой байдалд суурилсан хугацааны интервалуудад гүйцэтгэлийн шалгалтыг хийсэн байх шаардлагатай. Сүүлийн гүйцэтгэлийн туршилт эсвэл шалгалтаас хойшхи хугацааны интервал нэг жилээс илүүгүй байвал зохино.  Шинэ эсвэл засвар хийсэн хэмжлийн системийн хувьд тогтвортой байдлыг нь харуулахын тулд гүйцэтгэлийн шалгалтыг богино интервалаар хийх шаардлагатай.  Гүйцэтгэлийн шалгалтад зориулсан жишиг аргыг тодорхойлдоггүй, учир нь шаардагдах нарийвчлал нь гүйцэтгэлийн туршилтад зориулан шаардах нарийвчлалаас арай бага байдаг.  **4.4 Гүйцэтгэлийн бичлэг хийхэд тавих шаардлага**  **4.4.1 Гүйцэтгэлийн бичлэгийн агуулга**  Тухайн үр дүнгүүдийг гарган авсан нөхцөлийг оруулаад, бүх туршилт болон шалгалтын үр дүнг хэрэглэгчийн хийж, нотолсон гүйцэтгэлийн бичлэгт (хэрэв чанарын систем болон орон нутгийн хуулиар зөвшөөрсөн бол цаасан формат эсвэл цахим хэлбэрт багтаасан) хадгалсан байх хэрэгтэй. Гүйцэтгэлийн бичлэгт хэмжлийн системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг дангаар нь тодорхойлохыг шаардах бөгөөд хэмжлийн системийн гүйцэтгэлийг цаг хугацаагаар нь олж болохоор зохион байгуулвал зохино.  Гүйцэтгэлийн бичлэгт наад зах нь дараах мэдээллийг багтаасан байх хэрэгтэй. Үүнд:   * Хэмжлийн системийн ерөнхий тайлбар. * Хэрэв хэмжлийн системд гүйцэтгэсэн бол хувиргах төхөөрөмж, дамжуулах систем(үүд) болон хэмжих хэрэгсэл(үүд)д хийсэн загварын болон ээлжит туршилтын үр дүнгүүд. * Хэмжлийн системд хийсэн дараагийн гүйцэтгэлийн туршилтуудын үр дүнгүүд. * Хэмжлийн системд хийсэн дараагийн гүйцэтгэлийн шалгалтуудын үр дүнгүүд байна.   ТАЙЛБАР: Хэмжлийн системийн ерөнхий тайлбарт ажлын хэвийн хүчдэл, хэлбэлзлийн хэлбэр(үүд), (клиренс) зайн хязгаар(ууд), ажлын хугацаа эсвэл хүчдэлийн хэрэглээний хамгийн их үзүүлэлт зэрэг хэмжлийн системийн үндсэн өгөгдөл болон чадлыг ихэнхдээ багтаадаг. Хэмжлийн олон системийн хувьд дамжуулах системийн мэдээлэл, түүнчлэн өндөр хүчдэлийн болон газардуулгын холболтын хэлхээнд зориулсан буцах чиглэлийн угсралт мөн чухал болно. Хэрэв шаардлагатай бол хэмжлийн системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн тайлбарт жишээ нь, хэмжих хэрэгслийн төрөл, ялгах тэмдэглэгээг мөн оруулж өгдөг.  **4.4.2 Үл тооцох зүйл**  IEC 60060-2 стандартын хоёрдугаар нийтлэлийг хэвлэсэн хугацаанаас өөрөөр хэлбэл, 1994 оноос өмнө үйлдвэрлэгдсэн хэмжлийн систем эсвэл бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хувьд загварын болон ээлжит туршилтын зарим хэсэг(үүд)ийн шаардлагатай өгөгдлүүд олдохгүй байж магадгүй. Энэ стандартын өмнөх хувилбарын дагуу тухайн үед хийсэн гүйцэтгэлийн туршилт болон шалгалтад хуваарийн коэффициентыг тогтвортой гэж харуулсан бол хангалттай гэж үздэг байсан. Өмнөх ийм шалгалтуудын үр дүнг гүйцэтгэлийн бичлэгт мөн оруулсан байх хэрэгтэй.  Харилцан солих боломжтой хэрэглэдэг хэдэн тоног төхөөрөмжийг багтаасан, баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хамгийн бага тооны давхардалтай боломжит бүх нийлмэл бүтцийг багтаасан гүйцэтгэлийн ганц бичлэгээр харуулж болно. Хувиргах төхөөрөмж бүрийг бичлэгт тус тусад нь харуулах шаардлагатай бол дамжуулах системүүд, хэмжих хэрэгслүүдийг ерөнхийлөн бичлэг хийх боломжтой.  **4.5 Ажлын нөхцөл**  Хэмжлийн системийг туршилтын биетийн гаргалгуудад шууд холбох эсвэл туршилтын биетийн гаргалгууд болон хэмжлийн системийн хооронд хүчдэлийн ялгаа маш бага байх аргаар холбохыг шаардана. Туршилтын болон хэмжлийн хэлхээний хооронд багтаамжийн эсэргүүцэлтэй гэх зэрэг хүчдэлийн зөрүүг ихэсгэх холбоосыг багасгавал зохино.  1-Р ТАЙЛБАР: Хүчдэлийн зөрүүг ихэсгэх холбоосыг шалгах үзэх шаардлага гарч болно. Баталгаажуулсан хэмжлийн систем нь энэ стандартын техникийн тодорхойлолтын хүрээнд болон гүйцэтгэлийн бичлэгт өгсөн ажлын ба хүрээлэн буй орчны нөхцөлийн бүх хязгаарт байх эргэлзээтэй байвал зохино.  Тогтмол болон хувьсах хүчдэлд зориулсан хэмжлийн системийн хувьд ажлын тогтоосон хугацааг тодорхойлсон байх шаардлагатай.  2-Р ТАЙЛБАР: Ажлын тогтоосон хугацааны зөвлөсөн хамгийн бага утга нь 1 цаг байна.  Импульсийн хүчдэлд зориулсан хэрэглээний хамгийн их үзүүлэлтийг тодорхойлсон байх хэрэгтэй.  3-Р ТАЙЛБАР: Импульсийн хүчдэлд зориулсан хэрэглээний хамгийн их үзүүлэлтэд зөвлөж буй хамгийн бага утга нь минутад нэг эсвэл хоёр импульс байх бөгөөд хувиргах төхөөрөмжийн хэмжээнээс шалтгаалан тогтоодог.  Хэмжлийн системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд энэ стандартын шаардлагад нийцсэн байх хүрээлэн буй орчны нөхцөлүүдийн хязгаарыг тэмдэглэсэн байх хэрэгтэй.  **4.6 Эргэлзээ**  Олон улсын энэ стандартад нийцүүлэн хийсэн бүх хэмжлийн эргэлзээг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн дагуу үнэлсэн байвал зохино.  Эргэлзээг үнэлэхэд зориулсан горимыг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжаас сонгосон бөгөөд энэ стандартад танилцуулсан. Өндөр хүчдэлийн туршилтад нийтлэг хэрэглэдэг хэмжих, хянах тоног төхөөрөмж, хэмжлийн угсралтад 5-р зүйлийн хялбарчилсан горимуудыг хангалттай гэж үздэг. Гэхдээ хэрэглэгчид A хавсралт болон B хавсралтад заримыг нь тоймлосон ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн бусад тохиромжтой аргуудаас сонгож болно.  Хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг хэмжигдэгч гэж ойлгох хэрэгтэй ч зарим нөхцөлд импульсийн хүчдэлийн хугацааны параметр, хугацааны параметрүүдийн нэгтгэсэн алдаа зэрэг өөр хэмжигдэхүүнийг ерөнхийдөө авч үзвэл зохино.  1-Р ТАЙЛБАР: Тусгай хувиргах төхөөрөмжүүдэд зориулсан бусад хэмжигдэгчийг нийтлэгээр хэрэглэдэг. Жишээ нь, хүчдэл хуваагуурыг хүчдэлийн харьцаа болон тогтоосон хэмжлийн хүрээнд хэрэглэдэг хүчдэлийн харьцааны эргэлзээгээр тодорхойлдог. Хүчдэлийн трансформаторыг харьцааны алдаа, фазын шилжилт болон нийцэх эргэлзээгээр тодорхойлно.  Хэмжлийн эргэлзээг ОУСБ/ОУЦТК 98-3:2008, Арга зүйн удирдамжийн дагуу A төрөл болон B төрлийн (5.10, 5.11 болон A хавсралтыг үзнэ үү) эргэлзээний нэмрийг нэгтгэж тодорхойлдог. Хэмжлийн үр дүн, үйлдвэрлэгчдийн лавлах, тохируулгын гэрчилгээ болон хэмжлийн явцад нөлөөлөх хэмжигдэхүүнүүдийн үндэслэлтэй утгын дүгнэлтээс нэмрийг тооцно. Жишээ нь, 5-р зүйлд дурдсан нөлөөлөх хэмжигдэхүүнүүдэд температур болон ойр орчны нөлөөг оруулсан. Хэмжих хэрэгслийн хязгаарлагдмал нарийвчлал зэрэг бусад хэмжигдэхүүнийг шаардлагатай бол нэмэх боломжтой.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэмжих хэрэгслийн нарийвчлал жишээ нь, хэд хэдэн утга илэрхийлэгч тоотой нэг нарийвчлал нь эргэлзээний ач холбогдолтой эх үүсвэр байж болно.  Бодит хүчдэлийн туршилтын явцад туршилтын хүчдэлийн хэмжлийн эргэлзээг олохын тулд тохируулгын гэрчилгээнд заасан хуваарийн коэффициентын тохируулгын эргэлзээнээс өөр нөлөөлөх нэмэлт хэмжигдэхүүнүүдийг авч үзэх шаардлага ихэнхдээ гардаг. Авч үзэх шаардлагатай эргэлзээний нэмэр болон нэмрийн хослолыг тодорхойлох зарим зааварчилгааг 5-р Зүйл болон A, B хавсралтуудад өгсөн. Энгийн хуваарилалт хэрэглэсэн үеийн 2-той тэнцүү хамруулах k коэффициентод нийцэх, ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлалд зориулсан өргөтгөсөн эргэлзээтэй адилаар эргэлзээг өгсөн байвал зохино.  3-Р ТАЙЛБАР: Олон улсын энэ стандартад хуваарийн коэффициент болон хүчдэлийн хэмжлийн (5.2-5.10) эргэлзээг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжид ихэнхдээ авч үздэг, үнэмлэхүй эргэлзээний оронд харьцангуй эргэлзээгээр илэрхийлдэг. ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийг шууд хэрэглэх, үнэмлэхүй эргэлзээг авч үзэх тухай хугацааны параметрийн хувьд 5.11-т, мөн A, B хавсралтуудад танилцуулсан.  **5 Баталгаажуулсан хэмжлийн систем болон энэ системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд хийх туршилт, туршилтад тавих шаардлага**  **5.1 Ерөнхий шаардлага**  Тодорхойлсон гүйцэтгэлийн туршилтад нийцүүлсэн тохируулгаар хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тодорхойлно. Тогтоосон хуваарийн коэффициент нь заасан хэмжлийн хүрээнд зориулсан ганц утга байдаг. Хэрэв шаардлагатай бол өөр хуваарийн коэффициент бүхий тогтоосон хэмжлийн хэд хэдэн хүрээг тодорхойлж болно.  Импульсийг хэмжих системийн хувьд гүйцэтгэлийн туршилт нь тухайн системийн динамик үзүүлэлтийг заасан туршилтуудад хангалттай бөгөөд аливаа интерференцийн түвшин нь тодорхойлсон хязгаараас бага байхыг мөн харуулдаг.  Тоног төхөөрөмжийн нүсэр хэмжээ, хүрээлэн буй орчны бодит нөхцөлийн улмаас жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулснаар тохируулгыг ажлын талбайд хийх шаардлагатай.  Бага овортой хэмжлийн систем эсвэл системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд интерференцийн туршилтыг тодорхойлсон үед хэрэглэгчийн туршилтын байгууламжид гүйцэтгэх нөхцөлд ажлын нөхцөлийг дуурайлгасан угсралтад тохируулгыг хийхийн тулд өөр лаборатори руу тээвэрлэх боломжтой.  Хэрэв хувиргах төхөөрөмж ойр орчны нөлөөнд мэдрэмтгий бол тогтоосон хуваарийн коэффициент хүчинтэй үед (клиренс) зайн хүрээг тодорхойлох, гүйцэтгэлийн бичлэгт оруулах хэрэгтэй. (Клиренс) зайн нэг эсвэл түүнээс олон хүрээ болон хамаарах хуваарийн коэффициентуудыг тогтоож болно.  Тогтоосон хэмжлийн хүрээнд хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох хэрэгтэй бөгөөд жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулан тодорхойлох нь тохиромжтой. Гэхдээ өндөр хүчдэлд жишиг хэмжлийн систем үргэлж боломжтой биш учраас хэмжих цэгээс тогтоосон хэмжлийн хүрээний хязгаар хүртэл шугаман байдлыг тодорхойлсон нөхцөлд тогтоосон хэмжлийн хүрээнээс 20%-аар бага хүчдэлд харьцуулалтыг хийж болно. Энэ өргөтгөлд зориулан 5.3-д заасан аргуудаас нэгийг нь хэрэглэх шаардлагатай.  Хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг тогтооход хэрэглэдэг бүх тоног төхөөрөмж үндэсний болон/ эсвэл олон улсын стандартад мөрддөг тохируулгатай байвал зохино.  ТАЙЛБАР: Магадлан итгэмжлэлийн хүрээнд тохируулж, бүртгүүлсэн хэмжигдэхүүний хувьд итгэмжлэгдсэн Үндэсний Хэмжил зүйн байгууллага эсвэл итгэмжлэгдсэн лабораторид гүйцэтгэсэн тохируулгыг үндэсний болон/эсвэл олон улсын стандартад мөрддөг гэж үздэг.  Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн тохируулгын үр дүнгийн хувьд чухал нөхцөлүүдийг гүйцэтгэлийн бичлэгт оруулах хэрэгтэй.  **5.2 Тохируулга – Хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох**  **5.2.1 Жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулж хэмжлийн системийг тохируулах (давууд тооцсон арга)**  **5.2.1.1 Харьцуулах хэмжил**  Иж бүрэн хэмжлийн системд зориулсан хуваарийн коэффициент(ууд)ыг жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулах аргаар тодорхойлдог.  Тохируулгад зориулан хэрэглэдэг оролтын хүчдэл нь хэмжих шаардлагатай хүчдэлийн давтамж эсвэл хэлбэлзлийн хэлбэртэй адил төрлийн байвал зохино. Хэрэв энэ нөхцөлийг биелүүлж чадахгүй бол нийцэх эргэлзээний нэмрийг дүгнэсэн байх хэрэгтэй.  Харьцуулалтад зориулсан жишиг хэмжлийн системийг (Үндэсний Хэмжил зүйн байгууллагад мөрддөг) тохируулах шаардлагатай хэмжлийн системтэй зэрэгцээ холбохыг шаардана. Хувиргах төхөөрөмж(үүд) болон хэмжих хэрэгсэл(үүд)-ийн хооронд газардуулгын битүү хүрээ үүсэхээс зайлсхийхэд анхаарвал зохино. Хэмжлийн заалтыг хоёр системд нэг зэрэг авах хэрэгтэй. Туршилт хийж буй системийн хуваарийн коэффициентын Fi утгыг тодорхойлохын тулд жишиг хэмжлийн системийн хэмжил бүрээс авсан оролтын хэмжигдэхүүний утгыг туршилт хийж буй системд байгаа хэмжих хэрэгслийн нийцэх заалтад хуваана. Хүчдэлийн Ug нэг түвшинд туршилт хийж буй системийн хуваарийн коэффициентын Fg дундаж утгыг тодорхойлохын тулд дээрх үйлдлийг *n* удаа давтана. Хуваарийн коэффициентын дундаж утгыг дараах томьёогоор олно.    Fg дундаж утгын харьцангуй стандарт sg хазайлтыг дараах томьёогоор олно.    Fg дундаж утгын A төрлийн харьцангуй стандарт ug эргэлзээг дараах томьёогоор (A хавсралт) олдог.    1-Р ТАЙЛБАР: n тоо 10-аас илүүгүй тусдаа заалт ихэнхдээ шаардлагатай байдаг.  2-Р ТАЙЛБАР: Тогтмол болон хувьсах хүчдэлийг хэмжихэд зориулсан салангид заалтуудыг туршилтын хүчдэл өгч, n тооны заалт авах эсвэл туршилтын хүчдэлийг n удаа өгч, тус бүрд заалт авснаар гаргах хэрэгтэй. Импульсийн хувьд n тооны импульс өгдөг.  Хэмжих хэд хэдэн тогтоосон хүрээтэй (жишээ нь, нам хүчдэлийн хэдэн мөртэй хүчдэл хуваагуур) хэмжлийн систем эсвэл хоорондоо ялгаатай дамжуулах системүүдийг хүрээ тус бүрд эсвэл дамжуулах систем бүрд тохируулсан байвал зохино. Бүх суурилуулалтын хувьд хувиргах төхөөрөмжийн гаралтад ачаалал тогтмол байхыг бусад туршилтаар харуулах боломжтой нөхцөлд хоёрдогч бууруулагчтай хэмжлийн системийг зөвхөн нэг суурилуулалтад тохируулж болно. Ийм тохиолдлуудад хоёрдогч бууруулагчийн бүрэн хүрээг тусад нь тохируулах шаардлагатай.  Хуваарийн коэффициентыг 5.2.1.2 (давууд тооцсон), 5.2.1.3 болон 5.2.2-д тайлбарласан дараах аргуудын нэгээр тогтоосон хэмжлийн хүрээнд тодорхойлох хэрэгтэй.  **5.2.1.2 Тогтоосон хэмжлийн бүрэн хүрээнд харьцуулах**  Тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох, шугаман байдлыг тодорхойлохын аль алиныг энэ туршилтад багтаасан. Тогтоосон хэмжлийн хүрээний хамгийн бага болон хамгийн их түвшинд жишиг хэмжлийн системтэй, мөн ойролцоогоор тэнцүү зайтай наад зах нь гурван дундаж түвшинд (2-р зураг) шууд харьцуулах аргаар хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох хэрэгтэй. Тогтоосон хуваарийн F коэффициентыг хүчдэлийн *h* түвшнүүдэд бичсэн хуваарийн бүх коэффициентын Fg дундаж утга шиг авдаг. F коэффициентыг олохдоо *h* түвшин 5-аас их буюу тэнцүү үед:    томьёог хэрэглэнэ. Тогтоосон хуваарийн F коэффициентыг тодорхойлохдоо стандарт эргэлзээг A төрлийн стандарт ганц эргэлзээний хамгийн ихээр олно (3-р зураг).    F коэффициентын шугаман бус байдлын нөлөөг B төрлийн стандарт эргэлзээ шиг дүгнэх бөгөөд дараах томьёогоор олно.    1-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв хуваарийн Fo коэффициентын өргөтгөсөн эргэлзээний дүгнэлтэд Fo болон F коэффициентын хоорондын ялгааг B төрлийн эргэлзээний нэмэр шиг танилцуулсан бол Fo коэффициентын бүхэлтгэсэн утгаар тогтоосон хуваарийн коэффициентыг авах боломжтой.  2-Р ТАЙЛБАР: Хуваарийн салангид коэффициентууд болон эдгээр коэффициентын эргэлзээг тохируулгын гэрчилгээнд хүчдэлийн h түвшнүүдэд заасан байх хэрэгтэй. | **3.5.3**  **step response,**  **G(t)**  output of a measuring system as a function of time when the input is a step function  NOTE For more information on step response and step-response parameters see Annex C.  **3.5.4**  **nominal epoch (impulse voltage only),**  **ƬN1**  range of values between the minimum (tmin) and the maximum (tmax) of the relevant time parameter of impulse voltage for which the measuring system is to be approved  NOTE 1 The relevant time parameter is:  – the front time T1 for full and tail-chopped lightning impulses  – the time to chopping Tc for front-chopped impulses  – the time to peak Tp for switching impulses  NOTE 2 A measuring system may have one, two or more nominal epochs for different waveforms. For example, a particular measuring system might be approved:  – for full and tail-chopped lightning impulses with an assigned scale factor F1 over a nominal epoch ƬN1 from T1 = 0,8 μs to T1 = 1,8 μs, even though the tolerance is 0,84 μs to 1,56 μs;  – or front-chopped lightning impulses with an assigned scale factor F2 over a nominal epoch ƬN2 from Tc = 0,5 μs to Tc = 0,9 μs;  – for switching impulses with an assigned scale factor F3 over a nominal epoch ƬN3 from Tp = 150 μs to Tp = 500 μs.  NOTE 3 "Front-chopped impulse" is used to designate a chopped impulse with a time to chopping that falls in the range 0,5 μs to the time of the extreme value. This is to be distinguished from a "tail-chopped impulse" which has a time to chopping greater than the time of the extreme value.  **3.5.5**  **limit frequencies,**  **f1 and f2**  lower and upper limits of the range within which the amplitude-frequency response is nearly constant (Figure1)  NOTE These limits are where the response first deviates by a certain amount (e.g. plus/minus 15 %) from the constant value. The permissible deviation should be related to acceptable uncertainties of a measuring system.  **3.6 Definitions related to uncertainty**  **3.6.1**  **tolerance**  permitted difference between the measured value and the specified value  NOTE 1 This difference should be distinguished from the uncertainty of measurement.  NOTE 2 The measured test voltage is required to lie within the stated tolerance of the specified test level.  **3.6.2**  **error**  measured quantity value minus a reference quantity value  [ISO/IEC Guide 99 (VIM 2.16)]  **3.6.3**  **uncertainty (of measurement)**  parameter, associated with the result of a measurement, that characterises the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand  [IEC 60050-300: 2001, 311-01-02]  NOTE 1 Uncertainty is positive and given without sign.  NOTE 2 Uncertainty of voltage measurement should not be confused with the tolerance of a specified test voltage.  NOTE 3 For more information see Annexes A and B.  **3.6.4**  **standard uncertainty,**  **u**  uncertainty of the result of a measurement expressed as a standard deviation  [ISO/IEC Guide 98-3 (GUM 2.3.1)]  NOTE 1 The standard uncertainty associated with an estimate of a measurand has the same dimension as the measurand.  NOTE 2 In some cases, the relative standard uncertainty of a measurement may be appropriate. The relative standard uncertainty of measurement is the standard uncertainty divided by the measurand, and is therefore dimensionless.  **3.6.5**  **combined standard uncertainty,**  **uc**  standard uncertainty of the result of a measurement when that result is obtained from the values of a number of other quantities, equal to the positive square root of a sum of terms, the terms being the variances or covariances of these other quantities weighted according to how the measurement result varies with changes in these quantities  [ISO/IEC Guide 98-3 (GUM 2.3.4)]  **3.6.6**  **expanded uncertainty,**  **U**  quantity defining an interval about the result of a measurement that may be expected to encompass a large fraction of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand  [ISO/IEC Guide 98-3 (GUM 2.3.5)]  NOTE 1 Expanded uncertainty is the closest match to the term “overall uncertainty” used in earlier editions of this standard.  NOTE 2 The true, but unknown test-voltage value may lie outside the limits given by the uncertainty because the coverage probability is < 100 % (see 3.6.7).  **3.6.7**  **coverage factor,**  **k**  numerical factor used as multiplier of the combined standard uncertainty in order to obtain an expanded uncertainty  [ISO/IEC Guide 98-3 (GUM 2.3.6)]  NOTE For 95 % coverage probability and normal (Gaussian) probability distribution the coverage factor is approximately k = 2.  **3.6.8**  **type A evaluation**  method of evaluation of a standard uncertainty by statistical analysis of a series of observations  **3.6.9**  **type B evaluation**  method of evaluation of a standard uncertainty by means other than statistical analysis of a series of observations  **3.6.10**  **traceability**  property of the result of a measurement or the value of a standard whereby it can be related to stated references, usually national or international standards, through an unbroken chain of comparisons, all having stated uncertainties  [IEC 60050-300: 2001, 311-01-15]  **3.6.11**  **National Metrology Institute**  institute designated by national decision to develop and maintain national measurement standards for one or more quantities    **3.7 Definitions related to tests on measuring systems**  **3.7.1**  **calibration**  set of operations that establishes, by reference to standards, the relationship which exists, under specified conditions, between an indication and a result of a measurement  [IEC 60050-300: 2001, 311-01-09]  NOTE The determination of the scale factor is included in the calibration.  **3.7.2**  **type test**  conformitytest made on one or more items representative of the production  [IEC 60050-151: 2001, 151-16-16]  NOTE For a measuring system, this is understood as a test performed on a component or on a complete measuring system of the same design to characterize it under operating conditions.  **3.7.3**  **routine test**  conformitytest made on each individual item during or after manufacture  [IEC 60050-151: 2001, 151-16-17]  NOTE This is understood as a test performed on each component or on each complete measuring system to characterize it under operating conditions.  **3.7.4**  **performance test**  test performed on a complete measuring system to characterize it under operating conditions  **3.7.5**  **performance check**  simple procedure to ensure that the result of the most recent performance test is still valid  **3.7.6**  **reference record (impulse measurements only)**  record taken under specified conditions in a performance test and retained for comparison with records to be taken in future tests or checks under the same conditions  NOTE Reference records are often called “fingerprints” and used as characteristics of dynamic behaviour. In impulse voltage measurements they are usually taken from step response measurements (Annex C).  **4 Procedures for qualification and use of measuring systems**  **4.1 General principles**  Every approved measuring system shall undergo initial testing, followed by performance tests (periodic, see 4.2) and performance checks (periodic, see 4.3) throughout its service life. The initial tests consist of type tests (performed on a component or system of the same design) and routine tests (performed on every component or system).  The performance tests and checks shall prove that the measuring systems can measure the intended test voltages within the uncertainties given in this standard, and that the measurements are traceable to national and/or international standards of measurement. The system is approved only for the arrangements and operating conditions included in its record of performance.  A major requirement for a converting device, a transmission system, and a measuring instrument used in a measuring system is stability within the specified range of operating conditions so that the scale factor of the measuring system remains constant over long periods.  The assigned scale factor is determined in the performance test by calibration. The user shall apply tests given in this standard to qualify their measuring system(s). Alternatively, any user may choose to have the performance tests made by a National Metrology Institute or by a Calibration Laboratory accredited for the quantity to be calibrated. In all cases, the user shall include the test data into the record of performance.  Any calibration shall be traceable to national and/or international standards. The user shall ensure that any self-made calibration is performed by competent personnel using reference measuring systems and suitable procedures.    NOTE Calibrations performed by a National Metrology Institute, or by a laboratory accredited for the quantities calibrated and reported under the accreditation, are considered traceable to national and/or international standards.  **4.2 Schedule of performance tests**    To maintain the quality of a measuring system, its assigned scale factor(s) shall be determined by periodic performance tests. The interval between performance tests shall be based on evaluation of past stability of the measuring system. It is recommended that the performance test should be repeated annually, but the maximum interval shall not be longer than five years.  NOTE Long intervals between performance tests can increase the risk of an undetected change in the measurement system.  Performance test shall be made after major repairs to the measuring system and whenever a circuit arrangement that is beyond the limits given in the record of performance is to be used.  When a performance test is required because a performance check shows that the assigned scale factor is no longer valid, the cause of this change shall be investigated before the performance test is made.  **4.3 Schedule of performance checks**  Performance checks shall be made at intervals based on the recorded stability of the measuring system as shown in the record of performance. The interval from the last performance test or the last performance check shall not be longer than one year.  For a new or repaired measuring system, performance checks shall be made at short intervals to demonstrate its stability.    No reference method is identified for the performance checks because the required accuracy is less than that required for performance tests.  **4.4 Requirements for the record of performance**  **4.4.1 Contents of the record of performance**  The results of all tests and checks, including the conditions under which the results were obtained, shall be kept in the record of performance (stored in paper format or electronically if permitted by quality systems and local laws) established and maintained by the user. The record of performance shall uniquely identify the components of the measuring system and shall be structured so that performance of the measuring system can be traced over time.  The record of performance shall comprise at least the following information:   * General description of the measuring system. * Results of type and routine tests on the converting device, transmission system(s) and measuring instrument(s) and, if performed, on the measuring system. * Results of subsequent performance tests on the measuring system. * Results of subsequent performance checks on the measuring system.   NOTE The general description of the measuring system usually comprises main data and capabilities of the measuring system, such as the rated operating voltage, waveform(s), range(s) of clearances, operating time, or maximum rate of voltage applications. For many measuring systems, information on the transmission system as well as high-voltage and ground-return arrangements are important. If required, a description is also given of the components of the measuring system, including for example the type and identification of the measuring instrument.    **4.4.2 Exceptions**  For measuring systems or components manufactured before the date of issue of the second edition of IEC 60060-2, i.e. 1994, the required evidence may not be available for some part(s) of the type and routine test. Then performance tests and checks made in accordance with earlier versions of this standard are deemed adequate provided they show the scale factor is stable. The results of these previous checks shall also be entered in the record of performance.  Approved measuring systems comprising several pieces of equipment used inter-changeably may be covered by a single record of performance including all the combinations possible with the least amount of duplication possible. Specifically, each converting device shall be covered individually, but transmission systems and measuring instruments may be covered generically.  **4.5 Operating conditions**  A measuring system shall be connected directly to the terminals of the test object, or in such a way that the voltage difference between test object terminals and the measuring system is negligible. The parasitic coupling between the test and measuring circuit should be minimized.  NOTE 1 Parasitic coupling may need to be investigated.  An approved measuring system shall have an uncertainty within the specifications of this standard throughout the ranges of operating and environmental conditions given in the record of performance.  The assigned operating time for measuring systems for direct and alternating voltage shall be specified.  NOTE 2 The recommended minimum value for the assigned operating time is 1 h.  The maximum rate of application for impulse voltages shall be specified.  NOTE 3 The recommended minimum value for the maximum rate of application is one or two impulses/min and to be specified depending on the size of the converting device.  The range of environmental conditions, under which the components of the measuring system fulfil the requirements of this standard, shall be stated.  **4.6 Uncertainty**  The uncertainty of all measurements made under this International Standard shall be evaluated according to ISO/IEC Guide 98-3.  Procedures for evaluating uncertainties have been selected from ISO/IEC Guide 98-3 and presented in this standard. These simplified procedures of clause 5 are considered sufficient for the instrumentation and measurement arrangements commonly used in high-voltage testing: however, users may select other appropriate procedures from ISO/IEC Guide 98-3, some of which are outlined in Annex A and Annex B.  In general, the measurand to be considered is the scale factor of the measuring system, but in some cases other quantities, such as the time parameters of an impulse voltage and their associated errors, should also be considered.  NOTE 1 Other measurands for specific converting devices are in common use. For example, a voltage divider is characterized by the voltage ratio and its uncertainty in the assigned measurement ranges used. A voltage transformer is characterized by the ratio error, the phase displacement and the corresponding uncertainties.  According to the ISO/IEC Guide 98-3, the uncertainty of a measurement is determined by combining the uncertainty contributions of Type A and Type B (see 5.10, 5.11 and Annex A). The contributions are obtained from measurement results, from manufacturers’ handbooks, calibration certificates and from estimating reasonable values of the influence quantities during the measurement. For example influence quantities mentioned in clause 5 include temperature and proximity effects. Others, like limited resolution of the measuring instrument, may be added if necessary.  NOTE 2 The resolution of a measuring instrument, e.g. one with few significant digits, may be a significant source of uncertainty.  During the actual voltage test, it is usually necessary to consider additional influencing quantities, apart from the calibration uncertainty of the scale factor stated in the calibration certificate, in order to obtain the uncertainty of measurement of the test voltage value. Some guidance on determining uncertainty contributions, that need to be considered, and on their combination is given in Clause 5 and Annexes A and B. The uncertainty shall be given as the expanded uncertainty for a coverage probability of approximately 95 % corresponding to a coverage factor k=2 under the assumption of a normal distribution.  NOTE 3 In this International Standard, the uncertainties of the scale factor and of voltage measurement (5.2 to 5.10) are expressed by the relative uncertainties instead of the absolute uncertainty normally considered in the ISO/IEC Guide 98-3. The direct application of the ISO/IEC Guide 98-3 and consideration of the absolute uncertainties are shown in 5.11 for time parameters as well as in Annexes A and B.  **5 Tests and test requirements for an approved measuring system and its components**  **5.1 General requirements**  The assigned scale factor of the measuring system shall be determined by calibration according to the specified performance tests. The assigned scale factor is a single value for the assigned measurement range. If necessary, several assigned measurement ranges with different scale factors may be defined.  For an impulse measuring system, the performance tests also show that its dynamic performance is adequate for the specified measurements and that the level of any interference is less than the specified limits.  Due to the large size of the equipment and the real environmental conditions, the calibration should preferably be performed on site by comparison with a reference measuring system.  Smaller size measuring systems or their components may be transported to another laboratory for calibration in an arrangement that simulates the operating conditions, provided that the interference test, when specified, is performed in the test facility of the user.  If a converting device is sensitive to proximity effects, the range of clearances where the assigned scale factor is valid shall be determined and entered in the record of performance. One or more ranges of clearances and respective scale factors may be assigned.  The scale factor of a measuring system shall be determined in the assigned measurement range, preferably by comparison with a reference measuring system. However, as reference measuring systems are not always available at higher voltages, the comparison may be made at voltages as low as 20 % of the assigned measurement range, provided that linearity has been determined from this point up to the limit of the assigned measurement range. One of the methods given in 5.3 shall be used for this extension.  All equipment used in establishing the scale factors of measuring systems shall have calibrations traceable to national and/or international standards.  NOTE Calibrations performed by a National Metrology Institute, or by a laboratory accredited for the quantities calibrated and reported under the accreditation, are considered traceable to national and/or international standards.  Conditions significant for the result of the calibration of the approved measuring system shall be included in the record of performance.  **5.2 Calibration – Determination of the scale factor**  **5.2.1 Calibration of measuring systems by comparison with a reference measuring system (preferred method)**  **5.2.1.1 Comparison measurement**  Scale factor(s) is (are) determined for a complete measuring system by comparison with a reference measuring system.  The input voltage used for calibration should be of the same type, frequency or waveform as voltages to be measured. If this condition is not fulfilled, the related uncertainty contributions shall be estimated.  For the comparison, a reference measuring system, traceable to a National Metrology Institute, shall be connected in parallel with the measuring system to be calibrated. Care shall be taken to avoid ground loops between the converting device(s) and measuring instrument(s). Simultaneous readings shall be taken on both systems. The value of the input quantity obtained for each measurement by the reference measuring system is divided by the corresponding reading of the instrument in the system under test to obtain a value Fi of its scale factor. The procedure is repeated *n* times to obtain the mean value Fg of the scale factor of the system under test at one voltage level Ug. The mean value is given by:    The relative standard deviation sg of Fg is given by:    and the Type A relative standard uncertainty ug of the mean value Fg is given by (Annex A):    NOTE 1 Usually no more than n = 10 independent readings are necessary.  NOTE 2 For measurement of direct and alternating voltages, independent readings should be obtained either by applying the test voltage and taking n readings or by applying the test voltage n times and taking a reading each time. For impulses, n impulses are applied.  A measuring system with several assigned measuring ranges (for example a voltage divider with several low-voltage arms) or different transmission systems shall be calibrated for each range or transmission system. Measuring systems with secondary attenuators may be calibrated on one setting only, provided that the load on the output of the converting device can be shown to be constant for all settings by other tests. For such cases the full range of secondary attenuators shall be calibrated separately.  The scale factor shall be determined over the assigned measurement range by one of the following methods described in 5.2.1.2 (preferred), 5.2.1.3 and 5.2.2.  **5.2.1.2 Comparison over the full assigned measurement range**  This test includes both the determination of the assigned scale factor and the determination of linearity. The scale factor determination shall be made by direct comparison with a reference measuring system at the minimum and maximum levels of the assigned measurement range and on at least three approximately equally spaced intermediate levels (Figure 2). The assigned scale factor F is taken as the mean value of all scale factors Fg recorded at *h* voltage levels:    The standard uncertainty of the determination of the assigned scale factor F is obtained as the largest of the single standard uncertainties of type A (Figure 3):    The effect of a non-linearity in F is estimated as a Type B standard uncertainty expressed by    NOTE 1 A rounded value Fo may be taken as the assigned scale factor if the difference between Fo and F is introduced as an uncertainty contribution of Type B in the estimate of the expanded uncertainty of the scale factor Fo.  NOTE 2 The individual scale factors and their uncertainties at the h voltage levels should be given in the calibration certificate. |

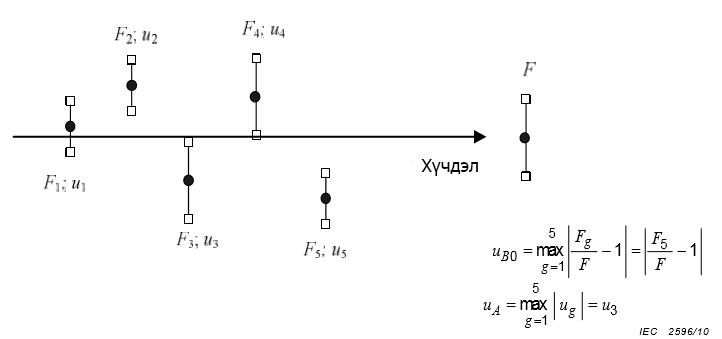
**2-р зураг - Бүрэн хүчдэлийн хүрээний харьцуулалтаар тохируулах**

****

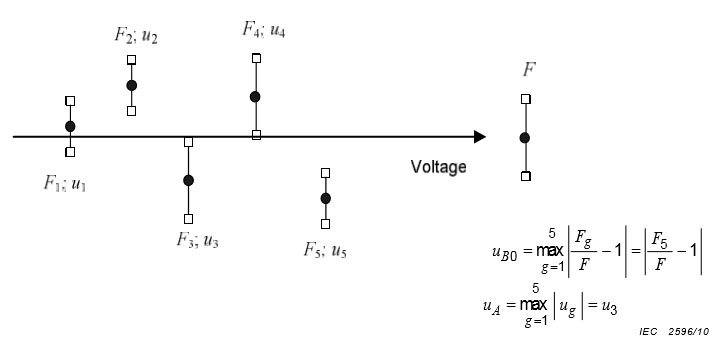
**Figure 2 – Calibration by comparison over the full voltage range**

****

**3-р зураг - Тохируулгын эргэлзээний нэмэр (хамгийн багадаа хүчдэлийн 5 түвшний жишээ)**

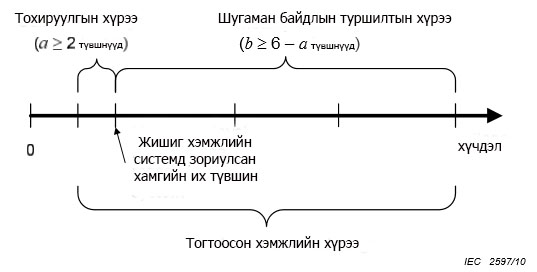
****

**Figure 3 - Uncertainty contributions of the calibration (example with minimum of 5 voltage levels)**

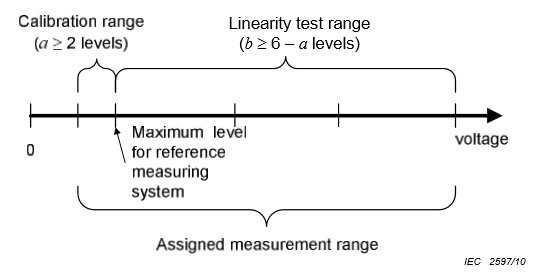
****

|  |  |
| --- | --- |
| **5.2.1.3 Хүчдэлийн хязгаарлагдмал хүрээнд харьцуулах**  Тогтоосон хэмжлийн хүрээ нь жишиг хэмжлийн системийн боломжоос хэтэрсэн тохиолдлуудад хуваарийн коэффициентыг жишиг хэмжлийн системийн хамгийн их хүчдэл хүртэл харьцуулах аргаар тодорхойлох шаардлагатай. Харьцуулалтыг тогтоосон хэмжлийн хүрээний дээд хязгаарын 20%-аас доошгүй хүчдэлд байнга хийх хэрэгтэй (4-р зураг).  Харьцуулалтыг 5.3-т нийцсэн шугаман хамаарлын туршилтаар иж бүрдэл болговол зохино. Шугаман байдалд хамаарах эргэлзээний нэмрийг хэмжлийн системийг хэрэглэх үед хэмжлийн эргэлзээний тооцоололд тооцож үзэхийг шаардана, 5.10.3-ыг үзнэ үү.  Жишиг хэмжлийн системийн хамгийн их хүчдэлтэй тэнцүү хүчдэлийн хамгийн өндөр түвшинтэй үед 2-оос их буюу тэнцүү хүчдэлийн a түвшинд жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулдаг. Шаардлагатай шугаман хамаарлын туршилтыг харьцуулалтын хамгийн их түвшинтэй тэнцүү нэг түвшинд, хүчдэлийн b ≥ 2 түвшинд хийнэ (5.3-ыг үзнэ үү). Хүчдэлийн түвшнүүдийг тогтоосон хэмжлийн хүрээний хамгийн бага болон хамгийн их түвшнүүдэд багтсан байхаар цаашдаа сонгох шаардлагатай бөгөөд  a + b ≥ 6 байна.  Тогтоосон хуваарийн F коэффициентыг жишиг хэмжлийн системд бичсэн хуваарийн коэффициентуудын дундаж утгаар авна.    Хуваарийн Fm коэффициентын A төрлийн стандарт эргэлзээг стандарт ганц ug эргэлзээний хамгийн ихээр нь гаргана.    Түүнчлэн тохируулгын утгуудад зориулсан шугаман бус байдлын нэмрийг дараах томьёогоор олно.    ТАЙЛБАР: Хэрэв хуваарийн Fo коэффициентын өргөтгөсөн эргэлзээний үнэлэлтэд Fo болон F коэффициентын хоорондын ялгааг B төрлийн эргэлзээний нэмэр шиг танилцуулсан бол Fo коэффициентын бүхэлтгэсэн утгаар тогтоосон хуваарийн коэффициентыг авах боломжтой. | **5.2.1.3 Comparison over limited voltage range**  In cases where the assigned measurement range exceeds the capability of the reference measuring system, the scale factor shall be determined by comparison up to the maximum voltage of the reference measuring system. The comparison shall always be carried out at a voltage that is not lower than 20 % of the upper limit of the assigned measurement range (Figure 4).  The comparison shall be complemented by a linearity test in accordance with 5.3. The uncertainty contribution related to linearity shall be considered in the calculation of measurement uncertainty when using the measuring system, see 5.10.3.  The comparison with the reference measuring system is carried out at a ≥ 2 voltage levels, where the highest voltage level is equal to the maximum voltage of the reference measuring system. The necessary linearity test is carried out at b ≥ 2 voltage levels, with one level equal to the maximum level of comparison (see 5.3). The voltage levels shall further be chosen such that they comprise at least the minimum and the maximum levels of the assigned measurement range, and that  a + b ≥ 6  The assigned scale factor F is taken as the mean value of the scale factors recorded with the reference measuring system:    The standard uncertainty Type A of the scale factor Fm is obtained as the largest of the single standard uncertainties ug    and a non-linearity contribution for the calibration values    NOTE A rounded value Fo may be taken as the assigned scale factor if the difference between Fo and F is introduced as an uncertainty contribution of Type B in the estimate of the expanded uncertainty of the scale factor Fo. |

**4-р зураг - Шугаман хамаарлын нэмэлт туршилттай, хүчдэлийн хязгаарласан хүрээнд харьцуулах аргаар тохируулах**

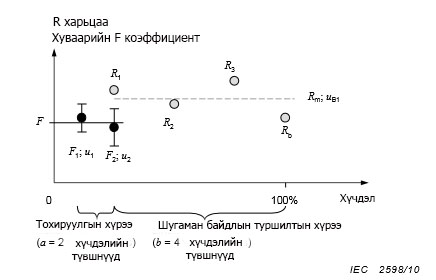
****

**Figure 4 - Calibration by comparison over a limited voltage range, with an additional linearity test**

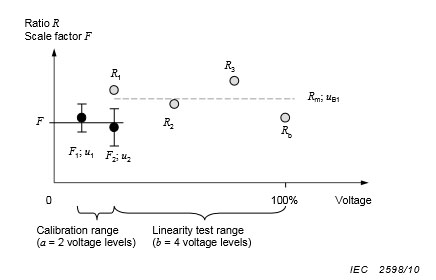
****

|  |  |
| --- | --- |
| **5.2.2 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийнх нь хуваарийн коэффициентоор хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох (хоёр дахь арга)**  Хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тухайн хэмжлийн системийн хувиргах төхөөрөмж, дамжуулах систем, хэмжих хэрэгсэл болон аливаа хоёрдогч бууруулагчийн хуваарийн коэффициентуудын үржвэрээр тодорхойлох шаардлагатай.  Хувиргах төхөөрөмж болон дамжуулах систем эсвэл тэдгээрийн хослолын хувьд хуваарийн коэффициентыг доор бичсэн аргуудын нэгээр хэмжсэн байх хэрэгтэй. Зөвхөн кабелиудаас бүрдсэн дамжуулах системд салангид туршилтууд хийхийг шаардахгүй. Хэмжих хэрэгслийн хуваарийн коэффициентыг холбогдох стандартад нийцүүлэн (жишээ нь, IEC 61083-1 болон IEC 61083-2 стандартыг үзнэ үү) эсвэл энэ 5-р Зүйлийн дагуу тохируулга болон туршилт хийж тодорхойлно.  Бүрэлдэхүүн хэсгийн хуваарийн коэффициентыг дараах аргуудын нэгээр тодорхойлж болно. Үүнд:   * жишиг бүрэлдэхүүн хэсэгтэй (жишээ нь, хүчдэл хуваагуурыг жишиг хүчдэл хуваагууртай харьцуулсан) харьцуулах эсвэл нарийвчлалтай нам хүчдэлийн тохируулагч хэрэглэх; * бүрэлдэхүүн хэсгийн оролт болон гаралтын хэмжигдэхүүнүүдийг нэг зэрэг хэмжих; * гүүрийн арга эсвэл нарийвчлалтай нам хүчдэлийн харьцааны хэмжил; * хэмжсэн бүрэн эсэргүүцэлд суурилсан тооцоо орно.   1-Р ТАЙЛБАР: Тохирох “тэнэмэл” багтаамжийн эсэргүүцэл эсвэл холбоос болон бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн харилцан нөлөөг хэмжилд багтаасан талаар баталгаа тодорхойлохын тулд анхаарал хандуулах хэрэгтэй.  Хэмжлийн системийн бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн эргэлзээний A болон B төрлийн нэмрийг дүгнэх шаардлагатай (5.2-5.9 хүртэл) бөгөөд тохируулгад зориулан хэрэглэдэг хэмжих төхөөрөмжийн эргэлзээний нэмрийг тооцож, бүрэлдэхүүн хэсэг бүрд зориулсан нийлмэл эргэлзээг тогтоох шаардлагатай.  2-Р ТАЙЛБАР: Бүрэлдэхүүн хэсгийн тохируулгын аргад эргэлзээний нэмрийг үнэлэхэд - хүчдэл, температур, ойр орчны нөлөө зэрэг үр дүнд нөлөөлж болох нөхцөлүүдийн бүх хүрээнд бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн дүн шинжилгээг шаардана. Энэ дүн шинжилгээг хийхэд түвэгтэй бөгөөд хэмжлийн процессын гүн ойлголт шаардлагатай.  Хүчдэлийн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн заалтуудын дагуу бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн нийлмэл эргэлзээний нийлбэрээр гаргана (түүнчлэн A болон B хавсралт, тухайлбал B.2-р жишээг үзнэ үү).  Хугацааны параметрийн хэмжлийн эргэлзээний үнэлэлтийг 5.11-ийн заалтууд болон хүчдэлийн хэмжилд зориулсантай адил зарчмуудын дагуу хийх хэрэгтэй.  **5.3 Шугаман хамаарлын туршилт**  **5.3.1 Туршилтыг хэрэглэх**  Тогтоосон хэмжлийн хүрээний дээд хязгаар хүртэл 5.2.1.3-ын дагуу тохируулга хийсэн хамгийн их хүчдэлээс хуваарийн коэффициентын зөвхөн үндэслэлтэй байдлын өргөтгөлийг хангахад энэ туршилтыг зориулсан (4-р зураг).  Шугаман байдлыг нь баталсан эсвэл хүчдэлийн бүх хүрээнд шугаман гэж үзэх боломжтой төхөөрөмж эсвэл системтэй хэмжлийн системийн гаралтыг харьцуулах шаардлагатай (5.3.2-ыг үзнэ үү). Ийм аргыг хэрэглэн шугаман байдлыг батлах нь амжилтгүй бол хэмжлийн системийг шугаман биш тооцох шаардлагагүй. Энэ тохиолдолд шугаман хамаарлын туршилтад тохирох өөр аргыг сонгох хэрэгтэй. Хэмжлийн систем болон харьцуулалтын төхөөрөмж эсвэл системийн хоорондын заалтын харьцааг тогтоосон хэмжлийн хүрээний дээд хязгаараас хуваарийн коэффициентыг тодорхойлсон хүчдэл хүртэл 5.2.1.1-д тайлбарласнаар *b* өөр хүчдэлүүдэд зориулан тогтоовол зохино (4-р зураг).  Харьцуулалтын төхөөрөмжийн нийцэх хүчдэлд хэмжсэн хүчдэлийн *b* харьцаануудын дундаж Rm утгаас Rg харьцаануудын хамгийн их хазайлтад шугаман хамаарлын үнэлгээг суурилдаг. Хүчдэлийн өргөтгөсөн хүрээн дэх хуваарийн коэффициентын шугаман бус байдалд хамаарах B төрлийн стандарт эргэлзээний үнэлэлттэй адилаар хамгийн их хазайлтыг авах бөгөөд дараах томьёогоор олно (5-р зураг). | **5.2.2 Determination of the scale factor of a measuring system from the scale factors of its components (alternative method)**  The assigned scale factor of the measuring system shall be determined as the product of the scale factors of its converting device, its transmission system, any secondary attenuator, and its measuring instrument.  For the converting device and the transmission system or their combination, the scale factor shall be measured by one of the methods given below. Separate tests are not required for transmission systems that consist only of cables. The scale factor of a measuring instrument is determined according to the relevant standard (see e.g. IEC 61083-1 and IEC 61083-2) or by performing a calibration and testing according to this Clause 5.    The determination of the scale factor of a component may be made by one of the following methods:   * comparison with a reference component (e.g. a voltage divider compared with a reference voltage divider) or the application of a precise low-voltage calibrator; * simultaneous measurements of its input and output quantities; * a bridge method or precise low-voltage ratio measurement; * calculation based on measured impedances.   NOTE 1 Care should be taken to ensure that the appropriate "stray" capacitance or coupling and the mutual influence of the components are included in the measurement.  For each component of the measuring system the Type A and Type B contributions to uncertainty shall be estimated (5.2 to 5.9) and the combined uncertainty for each component shall be determined (5.10) taking into account the uncertainty contributions of the measuring devices used for the calibrations.  NOTE 2 Estimation of contributions to uncertainty in the component calibration method requires analysis of each component over the full range of conditions, - voltage, temperature, proximity effect, etc. – that may influence the result. This analysis is complex and requires deep understanding of the measurement process.  The expanded uncertainty of voltage measurement is obtained by combining these combined uncertainties of the components according to the provisions of the ISO/IEC Guide 98-3 (see also Annexes A and B, especially Example B.2).  Estimation of uncertainty of time parameter measurement shall be made applying the provisions of 5.11 and the same principles as for voltage measurement.  **5.3 Linearity test**  **5.3.1 Application**  The test is only intended to provide an extension of the validity of the scale factor from the maximum voltage at which a calibration according to 5.2.1.3 has been carried out, up to the upper limit of the assigned measurement range (Fig. 4).  The output of the measuring system shall be compared with a device or system that has proven its linearity or can be presumed to be linear over the full voltage range (see 5.3.2). Failure to prove the linearity using such a method does not necessarily mean the measuring system is non-linear. In this case another method suitable for the linearity test shall be chosen. The ratio of the reading between the measuring system and the comparison device or system, shall be established as described in 5.2.1.1 for *b* different voltages ranging from the upper limit of the assigned measurement range down to a voltage at which the scale factor has been determined (Figure 4).  Evaluation of linearity is based on the maximum deviation of the ratios Rg from the mean Rm of the *b* ratios of the measured voltage to the corresponding voltage of the comparison device. The maximum deviation is taken as a type B estimate of the standard uncertainty related to non-linearity of the scale factor in the extended voltage range (Figure 5): |

**5-р зураг - Хүчдэлийн өргөтгөсөн хүрээн дэх шугаман төхөөрөмжтэй хэмжлийн системийн шугаман хамаарлын туршилт**

****

**Figure 5 - Linearity test of the measuring system with a linear device in the extended voltage range**

****

|  |  |
| --- | --- |
| Түлхүүр үг  F1, F2 - тохируулгын хүрээнд жишиг хуваагууртай тохируулгаар тодорхойлсон хуваарийн коэффициентууд  u1, u2 - F1 болон F2 хуваарийн коэффициентын стандарт эргэлзээ  F - F1 болон F2 хуваарийн коэффициентын дундаж  R1…Rb – зөвхөн шугаман хамаарлын туршилтад зориулан хүчдэлийн өргөтгөсөн хүрээнд тодорхойлсон харьцаанууд  Rm - хүчдэлийн өргөтгөсөн хүрээн дэх шугаман төхөөрөмжтэй тодорхойлсон харьцаануудын дундаж  uB1 - хүчдэлийн өргөтгөсөн хүрээн дэх хуваарийн коэффициентын шугаман бус байдлаас шалтгаалсан B төрлийн стандарт эргэлзээ  **5.3.2 Тохиромжтой эсэхийг сонгох өөр арга**  **5.3.2.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах**  Хэмжлийн системийн гаралтыг 5.3.1-д тайлбарласан горимын дагуу баталгаажуулсан хэмжлийн системийн гаралттай харьцуулж шалгах хэрэгтэй. Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн шугаман байдлыг 5.2-т заасан тохируулгын явцад жишиг аргаар тогтоохыг зохистой гэж үзэхийг шаардана.  **5.3.2.2 Өндөр хүчдэлийн шугаман генераторын оролтын хүчдэлтэй харьцуулах**  Хэмжлийн системийн гаралтыг 5.3.1-д тайлбарласан хүчдэлийн түвшнүүдэд тооцон үзсэн, өндөр хүчдэлийн генераторын оролтын хүчдэлтэй харьцуулан шалгасан байвал зохино.  1-Р ТАЙЛБАР: Олон шатлалт импульсийн генераторыг хүчдэлээр цэнэглэх эсвэл тогтмол гүйдлийн олон шатлалт генераторын оролтын хувьсах хүчдэлээр цэнэглэхэд энэ аргыг хэрэглэх боломжтой.  2-Р ТАЙЛБАР: Хүчдэлийн генераторын олон шатлалыг тэнцүү цэнэглэхэд анхаарал хандуулах хэрэгтэй. Генераторыг залгахаас өмнө бүх үе шатыг цэнэглэхэд хангалттай хугацаатай байх шаардлагатай.  **5.3.2.3 Цахилгаан орныг хэмжих хэрэгслийн (цахилгаан орны сорьц) гаралттай харьцуулах**  Хэмжиж байгаа хүчдэлд пропорционал цахилгаан орныг тухайн систем хэмжих байдлаар байрлуулсан, цахилгаан оронд хариу үзүүлэх хэмжлийн нэг системд харьцуулан өөр хэмжлийн системийг шалгаж болно. Цахилгаан орныг хэмжих систем нь хэмжиж байгаа хүчдэлийн төрөлд нийцэх хариуг бэлтгэх хэрэгтэй.  1-Р ТАЙЛБАР: Энэ арга нь титэмд зориулсан эхний хүчдэл хүртэл үйлчилнэ гэж тооцоолдог (IEC 60270 стандартыг үзнэ үү).  2-Р ТАЙЛБАР: Энэ аргыг хувьсах хүчдэл болон импульсийн хүчдэлд хэрэглэх боломжтой.  **5.3.2.4** **IEC 60052 стандартын дагуу агаарын стандарт завсартай харьцуулах**  Хувьсах эсвэл аянгын/таслах, залгах импульсийн хүчдэлд зориулсан хэмжлийн системийг бөмбөлөг хэлбэртэй электродуудын хоорондын завсартай харьцуулан шалгасан байж болно. Тогтмол гүйдэлд зориулсан хэмжлийн системийн хувьд туйван/ завсартай туйванг хэрэглэхийг шаардана. Энэ хоёр тохиолдолд харьцуулалтыг IEC 60052 стандартын заалтуудын дагуу хийсэн байх хэрэгтэй.  Атмосферийн нөхцөл өөрчлөгдөхгүй учраас залруулга хийхийг шаардахгүй байхаар хангалттай богино хугацаанд шугаман хамаарлын иж бүрэн туршилтыг хийвэл зохино. Өөр нөхцөлд залруулгыг IEC 60060-1 стандартын дагуу бичиж авсан атмосферийн нөхцөлд суурилан хийх шаардлагатай.  **5.3.2.5 Олон хэсэгтэй хувиргах төхөөрөмжид (хүчдэл хуваагуур) зориулсан арга**  Өндөр хүчдэлийн хэдэн адилхан цогц төхөөрөмжээс бүрдсэн хувиргах төхөөрөмжид дараах туршилтыг хийх хэрэгтэй. Үүнд:   * иж бүрэн хувиргах адилхан төхөөрөмжид (электродоор нь тоноглосон) загварын туршилтыг 6-р Зүйлээс 9-р Зүйлд зааснаар хийсэн байвал зохино; * өндөр хүчдэлийн цогц төхөөрөмж бүрийн багтаамжийн болон/ эсвэл бүрэн эсэргүүцлийн хэмжлийг таван тэнцүү хуваарилсан хүчдэлд (5.2.1.2-т тодорхойлсонтой адил) хийсэн байх хэрэгтэй. Хуваарийн коэффициентыг багтаамжийн болон/ эсвэл бүрэн эсэргүүцлийн утгуудын хүчдэл бүрд, мөн нам хүчдэлийн мөрд тооцоолох шаардлагатай; * титэм болон тогтоосон хэмжлийн хүрээний дээд хязгаарын бусад нөлөө угсарсан хувиргах төхөөрөмжид ноцтой нөлөөлөөгүй гэсэн шалгалт байна.   ТАЙЛБАР: Харагдах болон сонсогдох титэм эсвэл нэвчих гүйдлээр ноцтой үр нөлөө үүсэх боломжтой.  **5.4 Динамик төлөв**  **5.4.1 Ерөнхий зүйл**  Бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл хэмжлийн системийн хариуг тухайн бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл хэмжлийн системийн хэрэглээ, ялангуяа газардуулсан болон хүчдэлтэй бүтцийн (клиренс) зайг илэрхийлсэн нөхцөлд тодорхойлсон байх шаардлагатай. Хэмжлийн тохиромжтой аргууд нь тогтмол эсвэл хувьсах хүчдэлд зориулсан далайц/давтамжийн хариу болон импульсийн хүчдэлийн нэрлэсэн үеийн дээд, доод хязгаар дахь хуваарийн коэффициентууд, мөн хугацааны параметрүүдийг тодорхойлж байдаг (5.4.3). Нэгж алхмын хариуны хэмжлийн тухай нэмэлт мэдээллийг C хавсралтад өгсөн.  Динамик төлөвт хамаарах харьцангуй стандарт эргэлзээний A төрлийн B үнэлэлтийг дараах томьёогоор олно.    үүнд: k – давтамжийн хүрээнд эсвэл нэрлэсэн үеийг тодорхойлох импульсийн хугацааны параметрийн хүрээнд хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох тоо, Fi – салангид хуваарийн коэффициент болон F – нэрлэсэн үеийн хуваарийн дундаж коэффициент байна.  **5.4.2 Далайц/давтамжийн хариуг тодорхойлох**  Систем эсвэл бүрэлдэхүүн хэсгийг тодорхой далайцын синусоид оролтод ихэнхдээ нам түвшинд турших бөгөөд гаралтыг хэмждэг. Давтамжуудын нийцэх хүрээнд энэ хэмжлийг давтана. Хуваарийн коэффициентын хазайлтуудыг дээрх томьёогоор (5.4.1) үнэлнэ.  **5.4.3 Импульсийн хүчдэлийг хэмжих системд зориулсан жишиг арга**  (5.2)-т тайлбарласнаар хуваарийн коэффициентыг тохируулгад зориулан хийсэн импульсийн хүчдэлийн бичлэгүүдийг нэрлэсэн үеийн хязгааруудад хэрэглэх бөгөөд хүчдэл болон хугацааны параметрийн хэмжлийн эргэлзээний нэмрийг дээрх томьёогоор (5.4.1) үнэлсэн байх шаардлагатай.  ТАЙЛБАР: Нэгж алхмын хариуны хэмжил болон үнэлгээний тухай нэмэлт мэдээллийг C хавсралтаас үзнэ үү.  **5.5 Богино хугацааны тогтвортой байдал**  Тогтоосон хэмжлийн хүрээний хамгийн их хүчдэлийг урьдчилан таамагласан хэрэглээнд тохиромжтой хугацааны туршид хэмжлийн системд тасралтгүй (эсвэл импульсүүдэд зориулсан тогтоосон хурдтай) өгөх хэрэгтэй. Хамгийн их хүчдэлд хүрсэн даруйд болон хүчдэл буурахаас өмнө дахиад хуваарийн коэффициентыг яаралтай хэмжсэн байхыг шаардана.  1-Р ТАЙЛБАР: Богино хугацааны тогтвортой байдлын туршилтыг хувиргах төхөөрөмж өөрөө халах нөлөөг урьдчилан тооцоход зориулсан.  2-Р ТАЙЛБАР: Хүчдэл өгөх хугацаа нь ажлын тогтоосон хугацаанаас урт байж болохгүй ч тэнцвэртэй болгохын тулд хангалттай хязгаарласан хугацаа байж болно.  Хүчдэл өгөх хугацааны доторх хуваарийн коэффициентын өөрчлөлтийн үнэлэлт энэ туршилтын үр дүн болно. Хүчдэл өгөх хугацаанаас стандарт эргэлзээний нэмрийг B төрлийн үнэлэлт шиг олох бөгөөд үр дүнг дараах томьёогоор олно.    үүнд: Fbefore болон Fafter – богино хугацааны тогтвортой байдлын туршилтын өмнөх болон дараах хуваарийн коэффициентууд байна.  **5.6 Урт хугацааны тогтвортой байдал**  Хуваарийн коэффициентын тогтвортой байдлыг урт хугацааны интервалын туршид авч үзсэн байдлаар үнэлсэн байх хэрэгтэй бөгөөд хэрэглээний төлөвлөгөөт Tuse хугацаанд (ихэнхдээ дараагийн тохируулга хүртэл) зориулсан эргэлзээний хүчинтэй нэмэр шиг дүгнэдэг. Үйлдвэрлэгчийн өгөгдөл эсвэл гүйцэтгэлийн цуврал туршилтын үр дүнд үнэлгээг суурилна. Үнэлгээний үр дүн нь хуваарийн коэффициентын өөрчлөлтийн үнэлэлт байдаг. Энэ үнэлгээ нь B төрлийн үнэлэлт болох стандарт эргэлзээний нэмрийг хангана.    үүнд: F1 болон F2 – T1 болон T2 хугацаанд хийсэн гүйцэтгэлийн дараалсан хоёр туршилтын хуваарийн коэффициентууд болно.  Гүйцэтгэлийн туршилтын олон үр дүн гаргах боломжтой нөхцөлүүдэд урт хугацааны тогтвортой байдлыг A төрлийн нэмрээр тодорхойлох боломжтой.    үүнд: давтан хийсэн гүйцэтгэлийн туршилтуудын үр дүн нь дундаж Fm утгатай бөгөөд дундаж хугацааны Tmean интервалтай давтсан хуваарийн Fi коэффициентууд байна.  ТАЙЛБАР: Урт хугацааны тогтвортой байдлыг ихэнхдээ нэг жилээр заадаг.  **5.7 Гадаа орчны температурын нөлөө**  Хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентод гадаа орчны температур нөлөөлж болно. Гадаа орчны янз бүрийн температурт тодорхойлсон эсвэл бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн шинж чанарт үндэслэсэн тооцоолох аргаар энэ нөлөөллийн тоон хэмжээг тодорхойлох боломжтой. Туршилт эсвэл тооцооллын дэлгэрэнгүй мэдээллийг гүйцэтгэлийн бичлэгт оруулах хэрэгтэй.  Туршилт эсвэл тооцооллын үр дүн нь гадаа орчны температураас хуваарийн коэффициент өөрчлөгдөхийг дүгнэх явдал байдаг. Хамаарах стандарт эргэлзээ нь дараах B төрлийн үнэлэлт болно.    үүнд: FT – тооцон үзсэн температурт тодорхойлсон хуваарийн коэффициент, F – тохируулгын температурт тодорхойлсон хуваарийн коэффициент байна.  1-Р ТАЙЛБАР: Fхуваарийн коэффициентоос FT хуваарийн коэффициент зөрсөн хазайлт 1%-аас их байвал хуваарийн коэффициентын залруулга хийхийг зөвлөдөг.  2-Р ТАЙЛБАР: Богино хугацааны тогтвортой байдлын туршилтад өөрөө халах нөлөөг хамруулна.  3-Р ТАЙЛБАР: Гадаа орчны температур өргөн хүрээнд өөрчлөгдсөн тохиолдлуудад хуваарийн коэффициентод зориулсан температурын залруулгын коэффициентыг хэрэглэж болно. Температурын аливаа залруулгыг хэрэглэх шаардлагатай бол гүйцэтгэлийн бичлэгт бүртгэсэн байвал зохино. Температурын аливаа залруулгыг хэрэглэсэн тохиолдлуудад температурын залруулгын коэффициентын uB5 эргэлзээг эргэлзээний нэмэрт оруулсан байж болно.  **5.8 Ойр орчны нөлөө**  Ойр орчны нөлөөний улмаас төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент коэффициент эсвэл параметр өөрчлөгдсөн бол газардуулсан хана эсвэл хүчдэлтэй бүтцээс төхөөрөмжийг өөр өөр зайд байрлуулсан хэмжил хийж, өөрчлөлтийг тодорхойлж болно.  B төрлийн стандарт эргэлзээний нэмрийг дүгнэдэг хуваарийн коэффициентын өөрчлөлт нь туршилтын үр дүн нь байна.    үүнд: Fmax болон Fmin – бусад биет хүртэл хамгийн бага болон хамгийн их зайд зориулсан хуваарийн коэффициентууд болно.  1-Р ТАЙЛБАР: Хуваарийн коэффициентын өөрчлөлтийн uB6 үнэлгээнд зориулсан өөр утгуудыг зайн ялгаатай хүрээнд өгөх боломжтой.  2-Р ТАЙЛБАР: Туршилтын зарим байгууламжийг зайн зөвхөн нэг бүрдэл эсвэл хэдэн бүрдэл эсвэл зайн хүрээнүүдэд зориулан хэмжлийн системийг нь батлахаар сонгож болно.  **5.9 Программ хангамжийн нөлөө**  Хэмжсэн өгөгдлийн үнэлгээг программ хангамжаар хийх арга нь дүгнэх шаардлагатай эргэлзээг үүсгэж болно. Тогтоосон жишиг утгууд бүхий туршилтын өгөгдлийн бүрдлийн үнэлгээгээр энэхүү үнэлгээг хийх боломжтой. Импульсийн хүчдэлийн хувьд IEC 61083-2 стандартыг үзнэ үү.  Үнэлгээний үр дүн нь өгөгдлийг боловсруулах нөлөөний үнэлэлт болох бөгөөд өгөгдлийн боловсруулалтаас B төрлийн үнэлэлттэй адил харьцангуй стандарт эргэлзээний uB7 нэмрийг гаргадаг.  **5.10 Хуваарийн коэффициентын эргэлзээг тооцоолох**  **5.10.1 Ерөнхий зүйл**  Хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн F коэффициентын өргөтгөсөн эргэлзээг тодорхойлох хялбарчилсан горимыг энд бичсэн. Олон тохиолдолд үнэн байж болох хэдэн таамаглалд энэ горимыг үндэслэдэг боловч салангид тохиолдол бүрд таамаглалыг шалгах шаардлагатай. Гол таамаглалуудыг бичсэн болно. Үүнд:  a) Хэмжлийн тоо хэмжээнүүдийн хооронд харилцан хамааралбайхгүй;  b) B төрлийн аргаар үнэлсэн стандарт эргэлзээг тэгш өнцөгт хуваарилалттай гэж таамаглана;  c) Эргэлзээний хамгийн том гурван нэмэр ойролцоогоор тэнцүү хэмжээтэй байна.  Эдгээр таамаглал нь тохируулгын нөхцөл байдлын болон баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэмжилд хэрэглэх үеийн аль алины хуваарийн F коэффициентын өргөтгөсөн эргэлзээг үнэлэх горимд нөлөөлнө.  Тохируулгын өргөтгөсөн Ucal эргэлзээг жишиг системийн тохируулгын эргэлзээнээс, мөн тохируулгын явцын жишиг хэмжлийн систем болон гадаа орчны параметрүүдийн тогтвортой байдал зэрэг энэ дэд зүйлд тайлбарласан бусад хэмжигдэхүүний нөлөөнөөс дүгнэдэг.  Туршилтын хэмжигдэхүүний хэмжлийн өргөтгөсөн UM эргэлзээг баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентын тохируулгын эргэлзээнээс болон тохируулгын гэрчилгээнд тооцохгүй, хэмжлийн явцын гадаа орчны параметрүүд, хэмжлийн системийн тогтвортой байдал зэрэг 5.10.3-т авч үзсэн бусад хэмжигдэхүүний нөлөөнөөс үнэлдэг.  Эргэлзээг үнэлэх нэмэлт аргуудыг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжид бичсэнээс гадна A болон B хавсралтад тайлбарласан.  **5.10.2 Тохируулгын эргэлзээ**  Хуваарийн коэффициентын тохируулгын харьцангуй өргөтгөсөн Ucal эргэлзээг жишиг хэмжлийн системийн эргэлзээ, мөн A болон B төрлийн эргэлзээг энэ дэд зүйлд тайлбарласнаар тооцоолно.    үүнд: 2-той тэнцүү k нь ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлал болон энгийн хуваарилалтад зориулсан хамруулах коэффициент;  uref – тохируулгынх нь үеийн жишиг хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээ;  uA - хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох үеийн A төрлийн статистик эргэлзээ;  uB0 – хуваарийн коэффициентыг тохируулах явцад тодорхойлсон стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх шугаман бус байдлын нэмэр (5.2-ыг үзнэ үү);  uBi – нөлөөний ith хэмжигдэхүүн болон  B төрлийн нэмэр шиг үнэлэгдсэнээр үүссэн хуваарийн коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр (A хавсралт) болно.  Эдгээр нэмэр жишиг хэмжлийн системд хамаарах бөгөөд шугаман бус байдал, богино болон урт хугацааны тогтворгүй байдал зэргээс үүсдэг. Энэ нэмрийг нэмэлт хэмжлүүдээр тодорхойлох эсвэл 5.3-аас 5.9 хүртэлх дэд зүйлийн дагуу бусад өгөгдлийн эх үүсвэрээс дүгнэдэг. Тохируулгын явцад чухал бол богино хугацааных нь тогтвортой байдал болон хэмжлийн нарийвчлал зэрэг баталгаажуулсан хэмжлийн системд хамаарах нөлөөнүүдийг анхаарч үзэх хэрэгтэй.  ТАЙЛБАР: Хэрэв тохируулгыг тогтоосон хэмжлийн бүрэн хүрээнд хийх бол (5.2.1.2) шугаман хамаарлын салангид туршилтыг (5.3) шаардахгүй.  Дээр дурдсан таамаглалууд хүчингүй тохиолдлуудад A хавсралт эсвэл шаардлагатай бол ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжид бичсэн горимуудыг хэрэглэвэл зохино.  B төрлийн эргэлзээний нэмрийн N тоо нь туршилтын хүчдэлийн өөр төрлүүдэд ялгаатай байж болно (6-р Зүйлээс 9-р Зүйл хүртэл). B төрлийн нэмрийн талаар нэмэлт мэдээллийг холбогдох зүйлүүдэд бичсэн.  Хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициентыг бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс нь (5.2.2) тооцоолсон бол бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн тохируулгын стандарт эргэлзээг хэмжлийн системийн нэмэлт нөхцөл, системийг хүрээлэн буй орчныг тайлбарласан эргэлзээтэй нэгтгэх хэрэгтэй (A хавсралтыг үзнэ үү).  **5.10.3 Баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэх хэмжлийн эргэлзээ**  Туршилтын хүчдэлийн утгыг хэмжих өргөтгөсөн эргэлзээний үнэлэлт нь хэрэглэгчийн хариуцах ажил болно. Гэхдээ тохируулгын гэрчилгээнд нийцүүлэн, хэмжлийн нөхцөлийн тодорхойлсон хүрээнд зориулан энэ үнэлэлтийг бичсэн байж болно.  Туршилтын хүчдэлийн утгыг хэмжих харьцангуй өргөтгөсөн UM эргэлзээг баталгаажуулсан хэмжлийн системийн тохируулгад тодорхойлсон шиг тогтоосон хуваарийн коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээ болон энэ дэд зүйлд тайлбарласан B төрлийн эргэлзээний нэмэлт нэмрээс тооцоолдог.    үүнд:  2-той тэнцүү k нь ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлал болон энгийн хуваарилалтад зориулсан хамруулах коэффициент;  uM – жишээ нь, тохируулгын интервал зэрэг хэрэглээний төлөвлөгөөт хугацаанд хүчинтэй баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэх хэмжлийн нийлмэл стандарт эргэлзээ;  ucal – тохируулгын үед тодорхойлсон баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээ (5.10.2-ыг үзнэ үү);  uBi – B төрлийн нэмэр шиг үнэлэгдэх нөлөөний ith хэмжигдэхүүнээр үүссэн болон баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр байна. Эдгээр нэмэр нь баталгаажуулсан хэмжлийн системийн энгийн хэрэглээнд хамаарах бөгөөд шугаман бус байдал, богино болон урт хугацааны тогтворгүй байдаг зэргээс үүсдэг. Энэ нэмрийг нэмэлт хэмжилд суурилан эсвэл өгөгдлийн бусад эх үүсвэрээс үнэлэн 5.3-аас 5.9 хүртэл дэд зүйлийн дагуу тодорхойлно. Жишээ нь, баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хэмжих хэрэгслийн дэлгэцийн нарийвчлал зэрэг бусад чухал нөлөөг анхаарч үзэх хэрэгтэй.  ТАЙЛБАР: Урьдчилан тодорхойлж, заасан нөхцөлд баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэх үеийн тохируулгын Ucal эргэлзээ болон туршилтын хүчдэлийн утгыг хэмжих харьцангуй өргөтгөсөн UM эргэлзээний аль алины мэдээллийг тохируулгын гэрчилгээнд оруулж болно.  5.10.1-д дурдсан таамаглалууд хүчингүй тохиолдолд A хавсралт эсвэл шаардлагатай үед ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжид бичсэн горимуудыг хэрэглэвэл зохино.  B төрлийн эргэлзээний нэмрийн N тоо нь туршилтын хэмжигдэхүүнүүдийн өөр төрлүүдэд ялгаатай байж болно (6-р Зүйлээс 9-р Зүйл хүртэл, хугацааны параметр болон хүчдэл).  **5.11 Хугацааны параметрийн хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох (зөвхөн импульсийн хүчдэл)**  **5.11.1 Ерөнхий зүйл**  Импульсийн хүчдэлд зориулсан баталгаажуулсан хэмжлийн систем нь хугацааны параметр заасан хүрээнд байх үед тогтоосон эргэлзээний хязгааруудад хугацааны (T1, T2, Tp, Tc) параметрүүдийг хэмжих боломжтой байх хэрэгтэй. Импульсийн өсөх хугацааны хувьд энэ нь ихэнхдээ нэрлэсэн үе байдаг. Туршилтын баталгааг харьцуулалтын арга эсвэл бүрэлдэхүүн хэсгийн аргаар гаргах боломжтой. Энэ баталгааг мөн туршилтын алхмын хариуны үндэслэлд конволюцийн арга хэрэглэсэн тооцооллоор гаргаж болно (C болон D хавсралт).  Хугацааны параметрүүд болон параметрүүдийн эргэлзээг үнэлэх ерөнхий горимд харьцуулалтын аргаар тодорхойлсон импульсийн өсөх T1 хугацааг тайлбарладаг (B.3-р Зүйлийн жишээг үзнэ үү). Энэ горимыг хугацааны бусад параметрт адилхан аргаар хэрэглэх боломжтой.  ТАЙЛБАР: Хугацааны параметрийн эргэлзээний үнэлэлт нь эргэлзээний үнэмлэхүй утгад хүргэнэ гэдгийг санах шаардлагатай.  **5.11.2 Хугацааны параметрийн тохируулгын эргэлзээ**  Импульсийн *n* хүчдэлүүдийн импульсийн өсөх T1 хугацааг туршилт хийж буй, X гэж тэмдэглэсэн хэмжлийн систем болон N гэж тэмдэглэсэн жишиг системд нэг зэрэг үнэлэх хэрэгтэй. Жишиг хэмжлийн системийн алдааг тооцохооргүй бага гэж таамагладаг. Импульсийн өсөх хугацааны дундаж алдааг дараах томьёогоор олно.    Туршилтын стандарт хазайлтыг олоход дараах томьёог хэрэглэдэг.    үүнд: ΔT1,i – X болон N системээр хэмжсэн импульсийн өсөх хугацааны ith ялгаа байна.  1-Р ТАЙЛБАР: n тоо 10-тай тэнцэхээс ихгүй тооны тусдаа заалт ихэнхдээ шаардлагатай.  2-Р ТАЙЛБАР: Хуваарийн коэффициентыг тодорхойлоход зориулсан оргил утгуудыг үнэлэхэд хэрэглэдэг X болон N системийн адилхан бичлэгүүдээс импульсийн өсөх хугацааг ерөнхийдөө үнэлнэ (5.2.2.1).  A төрлийн стандарт эргэлзээг стандарт s(ΔT1) хазайлтаас тооцоолдог.    Тусдаа ΔT1,j утгууд болон тэдгээрийн дундаж ΔT1m утгуудын хоорондын хамгийн их ялгааг B төрлийн uB эргэлзээг тогтоохын тулд авдаг.    ТАЙЛБАР: Нэрлэсэн үед зориулан тохируулгын гэрчилгээнд нь тэмдэглэсэн шиг ΔT1ref тэмдэглэгээгээр заасан импульсийн өсөх хугацааных нь дундаж алдаатай адил аргаар жишиг хэмжлийн N системийг тодорхойлж болно. Импульсийн өсөх хугацааны хэмжилд зориулан тохируулсан тухайн X системийн үр дүн болох алдааг дараах томьёогоор олно.  T1cal = T1m + T1ref  Үр дүн болох дундаж ΔT1cal алдаатай тэнцүү байх хугацааны параметрийн тохируулгын өргөтгөсөн эргэлзээг доорх томьёогоор олно.    үүнд:  ucal – тохируулсан хэмжлийн системийн импульсийн өсөх хугацааны дундаж ΔT1cal алдааны нийлмэл стандарт эргэлзээ;  2-той тэнцүү k – ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлал болон энгийн хуваарилалтад зориулсан хамруулах коэффициент;  uref – жишиг хэмжлийн системийн импульсийн өсөх хугацааны дундаж ΔT1ref алдааны нийлмэл стандарт эргэлзээ;  uA – тохируулсан хэмжлийн системийн импульсийн өсөх хугацааны дундаж ΔT1m алдааны A төрлийн стандарт эргэлзээ;  uB – тохируулсан хэмжлийн системийн импульсийн өсөх хугацааны дундаж ΔT1m алдааны B төрлийн стандарт эргэлзээ байна.  Өргөтгөсөн Ucal эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэлт нэмэр нь тусгай тохиолдлуудад чухал байж болох учраас авч үзэх шаардлагатай.  **5.11.3 Баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэсэн хугацааны параметрийн хэмжлийн эргэлзээ**  Хугацааны параметрийн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээний үнэлэлт нь хэрэглэгчийн хариуцах ажил юм. Гэхдээ тохируулгын гэрчилгээнд нийцүүлэн, хэмжлийн нөхцөлийн тодорхойлсон хүрээнд зориулан энэ үнэлэлтийг бичсэн байж болно.  ТАЙЛБАР: Хэрэв тохируулгын хугацааны параметрийн өргөтгөсөн эргэлзээ нь хугацааны параметрт зориулан энэ стандартад тодорхойлсон өргөтгөсөн эргэлзээний 70%-аас бага байвал хугацааны параметрийн хэмжилд баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэсэн UM эргэлзээ нь Ucal эргэлзээтэй тэнцүү гэж ерөнхийдөө таамагладаг.  Хугацааны параметрийн хэмжлийн өргөтгөсөн UM эргэлзээг дараах томьёогоор тооцоолох шаардлагатай.    үүнд:  ucal – тохируулсан хэмжлийн системийн импульсийн өсөх хугацааны дундаж ΔT1cal алдааны нийлмэл стандарт эргэлзээ;  2-той тэнцүү k – ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлал болон энгийн хуваарилалтад зориулсан хамруулах коэффициент;  uBi – B төрлийн нэмэр шиг үнэлэгдэх нөлөөний ith хэмжигдэхүүнээр үүссэн болон баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр. Эдгээр нэмэр нь баталгаажуулсан хэмжлийн системийн энгийн хэрэглээнд хамаарах бөгөөд шугаман бус байдал, богино болон урт хугацааны тогтворгүй байдаг зэргээс үүсдэг. Энэ нэмрийг нэмэлт хэмжилд суурилан эсвэл өгөгдлийн бусад эх үүсвэрийг үнэлэн 5.3-аас 5.9 хүртэл дэд зүйлийн дагуу тодорхойлно. Жишээ нь, баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хэмжих хэрэгслийн дэлгэцийн нарийвчлал зэрэг бусад чухал нөлөөг анхаарч үзэх хэрэгтэй.  uM – хэрэглээний төлөвлөгөөт хугацаанд хүчинтэй баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэн хэмжсэн импульсийн хүчдэлийн хугацааны параметрийн нийлмэл стандарт эргэлзээ болно.  Өргөтгөсөн эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр тусгай тохиолдлуудад чухал байж болох учраас жишээ нь, импульсийн хүчдэл фронтын хэлбэлзлээр давхардсан үед UM эргэлзээг тооцоолоход авч үзэх шаардлагатай.  ТАЙЛБАР: Баталгаажуулсан хэмжлийн системийг хэрэглэн хэлбэлзэлгүй импульсийн хүчдэлийг хэмжих үед тохируулгаар тодорхойлсон хамаарах хугацааны параметрийн үр дүн болох ΔT1cal алдаагаар хугацааны хэмжсэн T1meas параметрийг залруулдаг. Үүнд:  T1corr = T1meas – ΔT1cal  Хугацааны бусад параметрт адилхан горимуудыг хэрэглэх боломжтой. Хугацааны залруулсан T1corr параметрийн өргөтгөсөн эргэлзээг B хавсралтын B.3-р жишээний дагуу бичсэн байх хэрэгтэй.  **5.12 Интерференцийн туршилт (импульсийн хүчдэлийн хэмжилд зориулсан дамжуулалтын систем болон хэмжих хэрэгсэл)**  Кабель эсвэл дамжуулах системийг нь салгасан, ердийн байрлалд нь байрлуулсан бөгөөд кабель эсвэл дамжуулах системийнх нь газардуулгын холболтыг өөрчлөөгүй оролтын гаргалгуудад нь богино залгасан хэмжлийн системд энэ туршилтыг хийх шаардлагатай. Өндөр хүчдэлийн туршилтын явцад хэрэглэх хэрэгтэй боломжит цахилалтын хэлбэр болон эгшин, хүчдэлийг төлөөлөх импульсийн хүчдэлтэй нуман цахилалтаар интерференцийн нөхцөлийг хэмжлийн системийн оролтод үүсгэвэл зохино. Хэмжих хэрэгслээр гаралтын бичлэг хийхийг шаардана.  ТАЙЛБАР: Хувиргах төхөөрөмжийн (хүчдэл хуваагуур) гаралтыг хэт хүчдэлээс хамгаалахын тулд хуваагуурын гаралтын гаргалгыг богино залгахыг зөвлөж болно.  Туршилтын хүчдэлийг хэмжих үеийн хэмжлийн системийн гаралтад хуваасан, хэмжсэн интерференцийн хамгийн их далайцтай адилаар интерференцийн харьцааг тодорхойлох шаардлагатай.  Интерференцийн туршилтыг давахын тулд хэмжсэн интерференцийн хамгийн их далайц туршилтын хүчдэлийг хэмжих үеийн хэмжлийн системийн гаралтын 1%-аас бага байвал зохино. Хэмжилд нөлөөлөхгүй гэдгийг нь харуулсан нөхцөлд 1%-аас их интерференцийг зөвшөөрдөг.  **5.13 Хувиргах төхөөрөмжийн тэсвэрлэх туршилт**  Хувиргах төхөөрөмж нь тодорхойлсон хүчдэлтэй үед шаардагдах давтамж эсвэл хэлбэртэй хүчдэлээр хийсэн хуурай нөхцөлийн тэсвэрлэх туршилтад тэнцэх хэрэгтэй.  1-Р ТАЙЛБАР: Зөвлөмж болгодог тэсвэрлэх туршилтын түвшин нь хэвийн ажлын хүчдэлийн 110% байна. Тэсвэрлэх туршилтын горимуудыг IEC 60060-1 стандартаас үзнэ үү.  Системийн зориулалтын хүчдэлийн туйлшралд (эсвэл туйлшралуудад) тэсвэрлэх туршилтуудыг гүйцэтгэсэн байх шаардлагатай.  Нойтон нөхцөлд хийх туршилт болон бохирдлын туршилтыг заасан үед загварын туршилт шиг хийдэг.  2-Р ТАЙЛБАР: Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн аливаа бүрэлдэхүүн хэсгийн хийц болон бүтэц нь туршилтын биет дэх нуман цахилалтыг тодорхойломжийн ямар нэгэн өөрчлөлтгүйгээр тэсвэрлэж чадахаар байвал зохино.  **6 Тогтмол гүйдлийг хэмжих**  **6.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага**  **6.1.1 Ерөнхий зүйл**  IEC 60060-1 стандартын дагуу туршилтын хүчдэлийн утгыг (арифметик дундаж утга) 3 %-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM эргэлзээтэй хэмжих ерөнхий шаардлага тавьдаг.  Лугшилт үүссэн үед эргэлзээний хязгаарууд нь IEC 60060-1 стандартад заасан хэмжээнүүдээс хэтэрч болохгүй.  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн системд холбогдсон болон хэмжих хэрэгслийн заалтад нөлөөлсөн хувьсах хүчдэл байх боломжтойд анхаарал хандуулдаг.  **6.1.2 Эргэлзээний нэмэр**  Тогтмол хүчдэлийн хэмжлийн системийн хувьд хэмжлийн өргөтгөсөн UM эргэлзээг 5.10.3-д заасны дагуу 95%-ийн хамруулах магадлалтай, хэрэв шаардлагатай бол A болон B хавсралтын дагуу үнэлэх хэрэгтэй. Эргэлзээнд нэмэгдэх нэмрийг үнэлэхэд зориулсан туршилтуудыг 1-р хүснэгтэд нэгтгэснээр ихэнхдээ авч үздэг. Зарим тохиолдолд өөр нэмэр чухал байж болох учраас нэмэлтээр авч үзвэл зохино.  **6.1.3 Хувиргах төхөөрөмжид тавих шаардлага**  Эсэргүүцэлтэй хүчдэл хуваагуур эсвэл хүчдэл хэмжих бүрэн эсэргүүцэл (өндөр хүчдэлийн резистор) ихэвчлэн байдаг тогтмол хүчдэлд зориулсан хувиргах төхөөрөмжийг гадна талынх нь тусгаарлах гадаргуугийн нэвчих гүйдэл хэмжлийн эргэлзээнд нь маш бага нөлөөлөхийг баталгаажуулахаар зохион бүтээсэн байх хэрэгтэй.  ТАЙЛБАР: Нэвчих гүйдлийн нөлөө маш бага гэдгийг баталгаажуулахын тулд хэвийн хүчдэлтэй үеийн хэмжих гүйдэл 0,5 мА хүртэл өндөр байхыг шаардаж болно.  **6.1.4 Хэмжих хүчдэлийн өөрчлөлтөд зориулсан динамик төлөв**  Туршилтын хүчдэлийн утга секунд тутамд 1%-аар өсөх эсвэл буурах үзүүлэлттэй байхын тулд тогтмол хүчдэлийг хэмжихэд зориулсан өндөр хүчдэлийн хэмжлийн системийн хугацааны тогтмол 0,25 секундээс ихгүй байвал зохино.  ТАЙЛБАР: Туршилтын хүчдэлийн утгын хэмжилд зориулсан хэмжих хэрэгслүүд лугшилтын нөлөөнд ерөнхийдөө орохгүй. Гэхдээ түргэн хариу үйлдэлтэй хэмжих хэрэгсэл хэрэглэсэн бол лугшилт хэмжилд сөргөөр нөлөөлөөгүй гэдгийг баталгаажуулах шаардлага гарч болно.  Бохирдлын туршилтын явцад шилжилтийн хүчдэлийн уналтыг хэмжих үед хэмжлийн системийн хугацааны тогтмол шилжилтийн өсөх хугацааны гуравны нэгээс бага байх хэрэгтэй.  **6.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт**  1-р хүснэгтэд нэгтгэсэн, 5-р Зүйлд заасан туршилтуудыг хэмжлийн систем болон системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн шинж чанар мөн хэмжлийн эргэлзээний үнэлэлтэд зориулан хийхийг шаардана. Үл тооцох зүйлийг 4.4.2-оос үзнэ үү.  Загварын болон ээлжит туршилтын үр дүнг үйлдвэрлэгчийн өгөгдлөөс авах боломжтой. Бүрэлдэхүүн хэсэг тус бүрд ээлжит туршилт хийх хэрэгтэй. | Key  F1, F2  scale factors determined by calibration with the reference divider in the calibration range  u1, u2  standard uncertainties of the scale factors F1 and F2  F mean of F1 and F2  R1…Rb ratios determined in the extended voltage range for linearity test only  Rm mean of the ratios determined with a linear device in the extended voltage range  uB1 Type B standard uncertainty caused by non-linearity of the scale factor in the extended voltage range  **5.3.2 Alternative methods in order of suitability**  **5.3.2.1 Comparison with an approved measuring system**  The output of the measuring system shall be checked against the output of an approved measuring system according to the procedures described in 5.3.1. The linearity of the approved measuring system shall preferably have been established with the reference method during calibration given in 5.2.  **5.3.2.2 Comparison with input voltage of a linear high voltage generator**  The output of the measuring system shall be checked against the input voltage of the high voltage generator considering the voltage levels described in 5.3.1.  NOTE 1 The method is especially applicable for the charging voltage of multi-stage impulse generators or the alternating voltage input of a multi-stage direct voltage generator.  NOTE 2 Attention should be paid to the equal charging of all stages of a voltage generator. Sufficient time should be allowed for all stages to charge before triggering the generator.  **5.3.2.3 Comparison with the output of an electric-field measuring instrument (field probe)**  The measuring system can be checked against an electric-field responding measuring system which is so located in such a way that it measures a field proportional to the voltage being measured. The electric-field measuring system shall provide a response suitable for the type of voltage being measured.  NOTE 1 The method is expected to work up to the inception voltage for corona (see IEC 60270).  NOTE 2 This method is applicable to alternating voltage and to impulse voltages.  **5.3.2.4 Comparison with a standard air gap according to IEC 60052**  The measuring system for alternating or lightning/switching impulse voltage may be checked against a sphere gap. For a measuring system for direct voltage a rod/rod gap shall be applied. In both cases the comparison shall be made in accordance with the provisions of IEC 60052.  The complete linearity test shall be made within sufficiently short time that atmospheric conditions do not change and hence corrections need not be used. Otherwise corrections according to IEC 60060-1 shall be applied based on recorded atmospheric conditions.  **5.3.2.5 Method for multi-section converting devices (voltage dividers)**  For a converting device consisting of several identical high-voltage units the following tests shall be performed:   * a type test on an equivalent complete converting device (equipped with its electrodes) as specified in Clauses 6 to 9 shall be carried out; * a measurement of the capacitance and/or resistance of each high-voltage unit at five equally spaced voltages (similar to that specified in 5.2.1.2) shall be effected. The scale factor shall be calculated for each voltage from the values of capacitance and/or resistance and that of the low-voltage arm; * a check that the assembled converting device is not significantly affected by corona and other influences at the upper limit of the assigned measurement range.   NOTE Significant effects can be caused by visible and audible corona or leakage current.  **5.4 Dynamic behaviour**  **5.4.1 General**  The response of a component or a measuring system shall be determined in conditions representative of its use, particularly clearances to earthed and energized structures. The preferred methods of measurement are the amplitude/frequency response for direct or alternating voltages, and determination of the scale factors and time parameters at the upper and lower limit of the nominal epoch for impulse voltages (5.4.3). Additional information on unit step-response measurements is given in Annex C.  A type B estimate of the relative standard uncertainty related to the dynamic behaviour is given by:    where k is the number of scale factor determinations within a frequency range, or within a range of impulse time parameters defining the nominal epoch, Fi are the individual scale factors and F is the mean scale factor within the nominal epoch.  **5.4.2 Determination of the amplitude/frequency response**  The system or component is subjected to a sinusoidal input of known amplitude, usually at low level, and the output is measured. This measurement is repeated for an appropriate range of frequencies. The deviations of the scale factor are evaluated according to the above formula (5.4.1).  **5.4.3 Reference method for impulse voltage measuring systems**  Records of the impulse voltage taken for calibration of the scale factor described in (5.2) are used for the limits of the nominal epoch, and the uncertainty contribution of voltage and time-parameter measurements shall be evaluated according to the above formula (5.4.1).  NOTE For additional information by unit step response measurement and evaluation see Annex C.  **5.5 Short-term stability**  The maximum voltage of the assigned measurement range shall be applied to the measuring system continuously (or at the assigned rate for impulses) for a period appropriate to the anticipated use. The scale factor shall be measured as soon as the maximum voltage has been reached and again immediately before the voltage is reduced.  NOTE 1 The short term stability test is intended to cover the effects of self-heating on the converting device.  NOTE 2 The period of voltage application should not be longer than the assigned operating time, but can be limited to a time sufficient to reach equilibrium.  The result of the test is an estimate of the change of scale factor within the voltage application time from which the standard uncertainty contribution is obtained as a type B estimate:    where Fbefore and Fafter are the scale factors before and after the short-term stability test.  **5.6 Long-term stability**  The stability of the scale factor shall be considered and evaluated over a long time-span and is usually estimated as an uncertainty contribution valid for a projected time of use (usually until the next calibration), Tuse. The evaluation can be based on manufacturer’s data or on results of a series of performance tests. The result of the evaluation is an estimate of a change of the scale factor. The evaluation delivers a standard uncertainty contribution, which is a type B estimate:    where F1 and F2 are the scale factors of two consecutive performance tests made at times T1 and T2.  In cases where a number of performance test results are available, the long-term stability can be characterised by the type A contribution:    where the results of repeated performance tests are the scale factors Fi, with a mean value Fm and repeated with a mean time interval Tmean.  NOTE Long-term stability is usually stated for a period of one year.  **5.7 Ambient temperature effect**  The scale factor of a measuring system can be affected by ambient temperature. This can be quantified by determination of the scale factor at different ambient temperatures or by computations based on properties of components. Details of test or calculations shall be included in the record of performance.  The result of a test or calculation is an estimate of a change of the scale factor due to ambient temperature. The related standard uncertainty is the following type B estimate:    where FT is the scale factor at the considered temperature and F is that at the calibration temperature.  NOTE 1 If the deviation FT from F is greater than 1 %, a correction of the scale factor is recommended.  NOTE 2 Self-heating effect is covered by the short-term stability test.  NOTE 3 A temperature correction factor for the scale factor may be used in cases where the ambient temperature varies over a wide range. Any temperature corrections to be used should be listed in the record of performance. For cases where temperature correction has been applied, the uncertainty uB5 of the temperature correction factor may be taken as the uncertainty contribution.  **5.8 Proximity effect**  Variations of the scale factor or of a parameter of a device, due to proximity effects, can be determined by measurements performed for different distances of the device from earthed walls or energized structures.  The result of the test is the change of scale factor from which the standard uncertainty contribution of type B is estimated:    where Fmax and Fmin are the scale factors for minimum and maximum distances to other objects.  NOTE 1 Different values for uB6 may be given for different ranges of distances.    NOTE 2 Some test facilities may choose to approve their measuring systems for only a single set of distances, or for a few sets or ranges of distances.  **5.9 Software effect**  The way that the software handles evaluation of measured data may introduce an uncertainty that shall be estimated. This can be done by evaluation of a set of test data with established reference values. For impulse voltages see IEC 61083-2.  The result of the evaluation is an estimate of the influence of data processing, from which the relative standard uncertainty contribution uB7 is obtained as a type B estimate.  **5.10 Uncertainty calculation of the scale factor**  **5.10.1 General**  A simplified procedure to determine the expanded uncertainty of the assigned scale factor F of a measuring system is given here. It is based on several assumptions, which in many cases may be true, but should be verified in each individual case. The main assumptions are as follows:  a) There is no correlation between the measurement quantities;  b) Standard uncertainties evaluated by the method of Type B are assumed to have a rectangular distribution.  c) The largest three uncertainty contributions to uncertainty have approximately equal magnitude.  These assumptions lead to a procedure of evaluation of the expanded uncertainty of the scale factor F, both for the calibration situation and for the use of an approved measuring system in measurements.  The expanded uncertainty of calibration Ucal is estimated from the uncertainty of the calibration of the reference system and from influence of other quantities explained in this subclause, such as the stability of the reference measuring system and ambient parameters during the calibration.  The expanded uncertainty of a measurement UM of the test quantity is evaluated from the uncertainty of the calibration of the scale factor of the approved measuring system and from the influence of other quantities discussed in 5.10.3, such as the stability of the measuring system and ambient parameters during the measurement as they are not considered in the calibration certificate.  Further methods for estimating uncertainty are given in the ISO/IEC Guide 98-3 and are also described in Annex A and Annex B.  **5.10.2 Uncertainty of the calibration**  The relative expanded uncertainty of a calibration of the scale factor Ucal is calculated from the uncertainty of the reference measuring system and the Type A and Type B uncertainties explained in this subclause:    where: k = 2 is the coverage factor for a coverage probability of approximately 95 % and normal distribution;  uref is the combined standard uncertainty of the scale factor of the reference measuring system at its calibration;  uA is the statistical Type-A uncertainty in the determination of the scale factor.  uB0 is the non-linearity contribution to standard uncertainty determined during calibration of the scale factor (see 5.2);  uBi are the contributions to the combined standard uncertainty of the scale factor caused by the ith influence quantity and evaluated as a Type B contribution (Annex A).  These contributions are related to the reference measuring system, and arise from non-linearity, short- and long-term instabilities, etc. and are determined either by additional measurements or estimated from other data sources according to 5.3 to 5.9. Influences related to the approved measuring systems, such as its shortterm stability, and resolution of the measurement shall also be taken into account if they are significant during the calibration.  NOTE If the calibration is performed over the full assigned measurement range (5.2.1.2), no separate linearity test (5.3) is required.  In cases where the assumptions mentioned above are not valid, the procedures given in Annex A or, if necessary, in the ISO/IEC Guide 98-3:2008 shall be applied.  The number N of Type B uncertainty contributions may differ for the different types of test voltages (Clauses 6 to 9). More information on the Type B contributions is given in the relevant clauses.  If the assigned scale factor of the measuring system is calculated from those of its components (5.2.2), the standard uncertainties of the calibration of the components shall be combined with those describing additional conditions of the measuring system and its environment (see Annex A).  **5.10.3 Uncertainty of measurement using an approved measuring system**  Estimation of the expanded uncertainty of measurement of the test voltage value is the responsibility of the user. However, this estimation may be given for a defined range of measurement conditions in conjunction with the calibration certificate.    The relative expanded uncertainty of measurement of the test voltage value UM is calculated from the combined standard uncertainty of the assigned scale factor as determined in the calibration of the approved measuring system and additional Type B uncertainty contributions explained in this subclause:    where:  k = 2 is the coverage factor for a coverage probability of approximately 95 % and normal distribution;  uM is the combined standard uncertainty of the measurement using the approved measuring system, valid for a projected time of use, e.g. a calibration interval;  ucal is the combined standard uncertainty of the scale factor of the approved measuring system determined at the calibration (see 5.10.2);  uBi is the contribution to the combined standard uncertainty of the scale factor of the approved measuring system and caused by the ith influence quantity, evaluated as a Type B contribution. These contributions are related to normal use of the approved measuring system, and arise from non-linearity, short- and long-term instabilities, etc. and are determined according to 5.3 to 5.9 based either on additional measurements or estimated from other data sources. Other significant influences shall also be taken into account, e.g. resolution of instrument display of the approved measuring system.  NOTE The calibration certificate may include information on both the uncertainty of the calibration, Ucal, and the relative expanded uncertainty of measurement of the test voltage value, UM, when using the approved measuring system under stated, predefined conditions.  In cases where the assumptions mentioned above in 5.10.1 are not valid, the procedures given in Annex A or, if necessary in the ISO/IEC Guide 98-3, shall be applied.  The number N of Type B uncertainty contributions may differ for the different types of test quantities (Clauses 6 to 9, voltages and time parameters).  **5.11 Uncertainty calculation of time parameter measurement (impulse voltages only)**  **5.11.1 General**  An approved measuring system for impulse voltages shall be able to measure the time parameters (T1, T2, Tp, Tc) within the specified uncertainty limits when the parameter lies within its specified range. For front time this is usually the nominal epoch. The experimental proof can be given either by the comparison method or by the component method. The proof may also be given by calculation, using the convolution method on the basis of the experimental step response (Annex C and D).  The general procedure for evaluating the time parameters and their uncertainties is described for the front time T1, determined by the comparison method (see example in Clause B.3). It is applicable for other time parameters in the same way.  NOTE It should be remembered that the estimation of the uncertainty of time parameters results in an absolute uncertainty value.  **5.11.2 Uncertainty of the time parameter calibration**  The front times T1 of *n* impulse voltages shall be evaluated simultaneously with the measuring system under test, denoted by X, and the reference system, denoted by N. The error of the reference measuring system is assumed to be negligible. The mean error of the front times is    and the experimental standard deviation is    where ΔT1,i is the ith difference of the front times measured by the systems X and N.  NOTE 1 Usually no more than n = 10 independent readings are necessary.  NOTE 2 In general, the front times are evaluated from the same records of N and X, used to evaluate the peak values for determining the scale factor (5.2.2.1).  From s(ΔT1), the Type A standard uncertainty is calculated:    The maximum difference between the individual values ΔT1,j and their mean value ΔT1m is taken to determine the Type B uncertainty uB by:    NOTE More generally, the reference measuring system N may be characterised in the same manner by its mean error of the front time, denoted by ΔT1ref, as stated in its calibration certificate for the nominal epoch. The resultant error of the calibrated system X itself for front time measurements is  T1cal = T1m + T1ref.  The expanded uncertainty of the time parameter calibration, equal to that of the resultant mean error, ΔT1cal, is determined by:    where:  ucal is the combined standard uncertainty of the mean front time error, ΔT1cal, of the calibrated measuring system;  k = 2 is the coverage factor for a coverage probability of approximately 95 % and normal distribution;  uref is the combined standard uncertainty of the mean front time error, ΔT1ref, of the reference measuring system;  uA is the type A standard uncertainty of the mean front time error, ΔT1m, of the calibrated measuring system;  uB is the type B standard uncertainty of the mean front time error ΔT1m of the calibrated measuring system.  Additional contributions to the expanded uncertainty Ucal may be important in special cases and shall be considered.  **5.11.3 Uncertainty of time parameter measurement using an approved measuring system**  Estimation of the expanded uncertainty of a time parameter measurement is the responsibility of the user. However, this estimation may be given for defined range of measuring conditions in conjunction with the calibration certificate.  NOTE If the expanded uncertainty of the time parameter calibration is less than 70 % of the expanded uncertainty specified for time parameter measurement in this standard, it can in general be assumed that the uncertainty of using the approved measuring system for time parameter measurement UM is equal to Ucal.  The expanded uncertainty of the time parameter measurement UM shall be calculated according to    where:  ucal is the combined standard uncertainty of the mean front time error, ΔT1cal, of the calibrated measuring system;    k = 2 is the coverage factor for a coverage probability of approximately 95 % and normal distribution;  uBi is the contribution to the combined standard uncertainty of the time parameter of an impulse using the approved measuring system and caused by the ith influence quantity and evaluated as a Type B contribution. These contributions are related to normal use of the approved measuring system, and arise for example from longterm instabilities, software influence, etc., but also from the influence of having nonperfect impulse shapes. They are determined according to 5.3 to 5.9, based either on additional measurements or estimated from other data sources. In some situations further influences shall also be taken into account, e.g. resolution of instrument displays.  uM is the combined standard uncertainty of the time parameter of an impulse voltage measured with the approved measuring system, valid for an projected period of use;  Additional contributions to the expanded uncertainty may be important in special cases and shall be considered when calculating UM, e.g. when the impulse voltage is superimposed by front oscillations.  NOTE When the approved measuring system is used to measure impulse voltages without oscillations, the measured time parameter T1meas can be corrected by the resultant error ΔT1cal of the relevant time parameter determined in the calibration:  T1corr = T1meas – ΔT1cal  The same procedures can be applied to other time parameters. The expanded uncertainty of a corrected time parameter, T1corr, should be given according to Annex B, Example B.3.  **5.12 Interference test (transmission system and instrument for impulse voltage measurements)**  The test shall be made on the measuring system, with its cable or transmission system disconnected, located in its usual position and short-circuited at its input terminals without changing the earth connections of the cable or transmission system. An interfering condition shall be produced at the input of the measuring system by a disruptive discharge with an impulse voltage representative of voltage, shape and instant of a possible discharge to be applied during the HV tests, and the instrument shall record the output.  NOTE To protect the converting device (voltage divider) output from over-voltages, it may be advisable to shortcircuit the divider output terminal.  The interference ratio shall be determined as the maximum amplitude of the measured interference divided by the output of the measuring system when measuring the test voltage.  To pass the interference test, the maximum amplitude of the measured interference should be less than 1 % of the output of the measuring system when measuring the test voltage. Interference greater than 1 % is permitted provided it is shown that it does not affect the measurement.  **5.13 Withstand tests of converting device**  A converting device shall pass a dry withstand test performed with a voltage of the required frequency or shape at a specified voltage.  NOTE 1 The recommended withstand test level is 110 % of the rated operating voltage. For the procedures of withstand tests see IEC 60060-1.  The withstand tests shall be performed at the polarity (or polarities) for which the system is intended.  Wet tests and pollution tests, when specified, are performed as type tests.  NOTE 2 Design and construction of any component of an approved measuring system should be such that it can withstand a disruptive discharge at the test object without any change in its characteristics.  **6 Measurement of direct voltage**  **6.1 Requirements for an approved measuring system**  **6.1.1 General**  The general requirement is to measure the test voltage value according to IEC 60060-1 (arithmetic mean value) with an expanded uncertainty UM ≤ 3 %.  The uncertainty limits shall not be exceeded in the presence of ripple, the magnitude of which is within the limits given in IEC 60060-1.  NOTE Attention is drawn to the possible presence of alternating voltages coupled to the measuring system and affecting the reading of the measuring instrument.  **6.1.2 Uncertainty contributions**  For a direct voltage measuring system, the expanded uncertainty of measurement UM shall be evaluated with a coverage probability of 95 %, according to 5.10.3 and – if necessary - Annexes A and B. Tests for assessing contributions to uncertainty which are usually considered are summarized in Table 1. Other contributions can be important in some cases and so shall be considered in addition.  **6.1.3 Requirement on converting device**  A converting device for direct voltage, usually a resistive voltage divider or a voltage measuring impedance (high-voltage resistor), shall be constructed so as to ensure that leakage current on its external insulating surfaces has a negligible influence on the measuring uncertainty.  NOTE To ensure that the influence of leakage current is negligible, a measuring current as high as 0,5 mA at the rated voltage may be necessary.  **6.1.4 Dynamic behaviour for measuring voltage changes**  The time constant of the high-voltage measuring system shall not be greater than 0,25 s for the measurement of direct voltages that rise or fall with rates in the order of 1 % of the test voltage value per second.  NOTE In general, the instruments used for the measurement of the test voltage value (i.e. the arithmetic mean), are not affected by the ripple present. However, if instruments with fast response are used, it may become necessary to ensure that the measurement is not adversely affected by the ripple.  When the transient voltage drop during pollution testing is measured, the time constant of the measuring system shall be less than one third of the rise time of the transient.  **6.2 Tests on an approved measuring system**  The tests according to Clause 5, summarized in Table 1, are necessary for the qualification of measuring systems and their components as well as for the estimation of the expanded uncertainty of measurement, for exceptions see 4.4.2.  The results of the type and routine tests can be taken from manufacturer's data. Routine tests shall be performed on each component. |

**1-р хүснэгт – Тогтмол хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардлагатай туршилтууд**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын төрөл** | **Загварын туршилт** | **Ээлжит туршилт** | **Гүйцэтгэлийн туршилт** | **Гүйцэтгэлийн шалгалт** |
| Тохируулах үеийн хуваарийн коэффициент |  |  | 5.2 |  |
| Хуваарийн коэффициентыг шалгах |  |  |  | 6.3 |
| Шугаман байдал, 2-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү |  | 5.3 | 5.3 (хэрэв хийх боломжтой бол) |  |
| Динамик төлөв | 5.4 |  |  |  |
| Богино хугацааны тогтвортой байдал |  | 5.5 |  |  |
| Урт хугацааны тогтвортой байдал | 5.6 |  | 5.6 (хэрэв хийх боломжтой бол) |  |
| Гадаа орчны температурын нөлөө | 5.7 |  |  |  |
| Ойр орчны нөлөө, 3-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  |
| Программ хангамжийн нөлөө | 5.9 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжид хийх хуурай нөхцөлийн тэсвэрлэх туршилт | 5.13 | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжид хийх нойтон нөхцөлийн тэсвэрлэх туршилт | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Кабелиас бусад дамжуулах системийн хуваарийн коэффициент | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Хэмжих хэрэгслийн хуваарийн коэффициент | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Үүрэг хариуцлага | бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үйлдвэрлэгч хийнэ | | системд хэрэглэгч хийнэ, 1-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | |
| Давталтын зөвлөсөн тоо | зөвхөн нэг удаа (загварын болон ээлжит туршилт) | | жил бүр гэж төлөвлөдөг ч наад зах нь 5 жил тутамд | тогтвортой байдалд зааснаар хийх ч наад зах нь жил бүр |
| 1-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв гүйцэтгэлийн туршилтыг өөр аргын дагуу хийсэн бол дээр бичсэн туршилтуудыг нэг бүрэлдэхүүн хэсэгт мөн хийхийг шаардана (5.2.2-ыг үзнэ үү). Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хэмжлийн эргэлзээг олохын тулд туршилт хийсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг B хавсралтад үзүүлсэн шиг нэгтгэсэн байвал зохино.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв тохируулгыг хэмжлийн бүрэн хүрээн дэх харьцуулалтаар хийх боломжгүй бол зөвхөн 5.3-т заасан шугаман хамаарлын туршилтыг шаардана.  3-Р ТАЙЛБАР: Титэм болон хамаарах орон зайн цэнэгийн нөлөөгөөр ойр орчны нөлөө үүсэж болно. Хэрэв загварын туршилтын өгөгдөл хангалтгүй бол гүйцэтгэлийн туршилтад ойр орчны нөлөөг шалгах шаардлага гардаг. | | | | |

**Table 1 - Tests required for an approved direct voltage measuring system**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type of test** | **Type test** | **Routine test** | **Performance test** | **Performance check** |
| Scale factor at calibration |  |  | 5.2 |  |
| Scale factor check |  |  |  | 6.3 |
| Linearity, see NOTE 2 |  | 5.3 | 5.3  (if applicable) |  |
| Dynamic behaviour | 5.4 |  |  |  |
| Short-term stability |  | 5.5 |  |  |
| Long-term stability | 5.6 |  | 5.6  (if applicable) |  |
| Ambient temperature effect | 5.7 |  |  |  |
| Proximity effect, see NOTE 3 | 5.8  (if applicable) |  | 5.8  (if applicable) |  |
| Software effect | 5.9  (if applicable) |  |  |  |
| Dry withstand test on converting device | 5.13 | 5.13  (if applicable) |  |  |
| Wet or polluted withstand test on converting device | 5.13  (if applicable) |  |  |  |
| Scale factor of converting device | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor of transmission system other than a cable | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor of measuring instrument | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Responsibility | on components, by manufacturer | | on the system by user, see NOTE 1 | |
| Recommended repetition rate | only once (type and routine test) | | proposed annually, but at least every 5 years | according to stability, but at least annually |
| NOTE 1 The above listed tests should also be applied to single components if performance tests are made according to the alternative method (see 5.2.2). To obtain the uncertainty of measurement of the approved measuring system those of the components should be combined as demonstrated in Annex B.  NOTE 2 A linearity test according to 5.3 is only required if the calibration cannot be performed by comparison over the full assigned measurement range (5.2.1.2).  NOTE 3 Proximity effects can be caused by corona and related space charge effects. Investigation of the proximity effect in the performance test is only necessary if the type test data are not sufficient. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **6.3 Гүйцэтгэлийн шалгалт**  **6.3.1 Ерөнхий зүйл**  Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициент(ууд)ыг дараах аргуудын нэгээр шалгасан байх шаардлагатай.  **6.3.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах**  Баталгаажуулсан өөр хэмжлийн системтэй 5.2-ын горимыг эсвэл IEC 60052 стандартын дагуу туйван/ завсартай туйван хэрэглэн харьцуулах хэрэгтэй. Хэмжсэн хоёр утгын хоорондын ялгаа ± 3%-ийн хязгаарт байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэй гэж үзнэ. Хэрэв энэ ялгаа их бол тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг 5.2-т тайлбарласан гүйцэтгэлийн туршилтаар (тохируулга) тодорхойлох шаардлагатай.  **6.3.3 Бүрэлдэхүүн хэсгийн хуваарийн коэффициентыг шалгах**  Бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн хуваарийн коэффициент(ууд)ыг 1%-аас ихгүй өргөтгөсөн эргэлзээтэй дотор талын эсвэл гадна талын тохируулагч хэрэглэн шалгасан байвал зохино. Бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн хуваарийн коэффициентын ялгаа нь өмнөх утгаасаа ± 1%-аас ихгүй байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэйд тооцно. Хэрэв аливаа ялгаа 1%-аас хэтэрсэн бол тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг 5.2-т тайлбарласан гүйцэтгэлийн туршилтаар (тохируулга) тодорхойлох хэрэгтэй.  **6.4 Лугшилтын далайцыг хэмжих**  **6.4.1 Тавих шаардлага**  Лугшилтын далайцын 10%-аас эсвэл тогтмол хүчдэлийн арифметик дундаж утгын 1%-аас ихгүй, аль нэг нь илүү их байх өргөтгөсөн эргэлзээтэйгээр лугшилтын далайцыг хэмжвэл зохино.  Хүчдэл болон лугшилтын далайцын дундаж утгыг хэмжихийн тулд лугшилтыг хэмжих салангид системүүд хэрэглэж болохоос гадна адилхан хувиргах төхөөрөмжийг хоёр тусдаа хэмжих хэрэгсэлтэй хэрэглэж болно.  Лугшилтыг хэмжих системийн далайц/ давтамжийн хариуны давтамжийн -15%-аас дээш хязгаар нь лугшилтын үндсэн *f* давтамжаас 5 дахин их, харин давтамжийн -15%-аас доош хязгаар нь 0,5 дахин бага байх хэрэгтэй.  ТАЙЛБАР: Доод хязгаарын давтамжид тавих шаардлагыг олон тохиолдолд хангамжийн хүчдэлийнх нь давтамжаар шалгаж болно.  **6.4.2 Эргэлзээний нэмэр**  Хүчдэлийн лугшилтыг хэмжих системийн хувьд эргэлзээг A хавсралтын дагуу дүгнэх шаардлагатай бөгөөд 5.3-аас 5.9-р дэд зүйл хүртэл дурдсан эргэлзээний нэмрийг авч үзвэл зохино. Дэлгэрэнгүй мэдээллийг хувьсах хүчдэлийн хэмжлийн талаарх холбогдох зүйлүүдээс үзнэ үү (7-р Зүйл). Бусад нэмэр салангид тохиолдлуудад чухал байж болох бөгөөд энд бичсэн мэдээллийг зөвхөн зааварчилгаанд зориулсан.  **6.4.3 Хүчдэлийн лугшилтыг хэмжих баталгаажуулсан системийг тохируулах болон турших**  2-р хүснэгтэд тодорхойлсон туршилтуудыг лугшилтын далайцыг хэмжихэд хэрэглэдэг системүүдэд зөвхөн хийх хэрэгтэй.  Загварын туршилтын шаардлагад нийцсэнийг адилхан хийцийн төхөөрөмжид хийсэн туршлагаар батлах боломжтой төдийгүй заримдаа үйлдвэрлэгчийн өгөгдлөөс тодорхойлж болно. Ээлжит туршилтыг бүрэлдэхүүн хэсэг бүрд хийвэл зохино. Үл тооцох зүйлийг 4.4.2-оос үзнэ үү.  Бусад нэмэр салангид тохиолдлуудад чухал байж болох бөгөөд энд бичсэн мэдээллийг зөвхөн зааварчилгаанд зориулсан.  **6.4.4 Лугшилтын давтамжид хуваарийн коэффициентыг хэмжих**  Лугшилтыг хэмжих системийн хуваарийн коэффициентыг 3%-аас ихгүй өргөтгөсөн эргэлзээтэй, лугшилтын үндсэн *f* давтамжид тодорхойлох хэрэгтэй. Хуваарийн энэ коэффициентыг бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентуудын үржвэрээр мөн тодорхойлох боломжтой.  **6.4.5 Далайц/давтамжийн хариугаар динамик төлөвийг тодорхойлох**  Хэмжлийн системийг тодорхой далайцын синусоид оролтод ихэнхдээ нам түвшинд турших бөгөөд гаралтыг хэмждэг. Энэ хэмжлийг лугшилтын үндсэн давтамжийг ойролцоогоор 0,5-0,7 дахин авсан давтамжийн хүрээнд зориулан давтана. Хэмжсэн хүчдэлүүдийн ялгаа 3 дБ-ийн хязгаарт байхыг шаардана.  **6.4.6 Лугшилтыг хэмжих системд зориулсан гүйцэтгэлийн шалгалт**  Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг хувьсах хүчдэлийн хэмжлийн системд зориулан 7.4-т тайлбарласан аргуудын нэгээр шалгах боломжтой. | **6.3 Performance check**  **6.3.1 General**  The scale factor(s) of an approved measuring system can be checked by one of the following methods.  **6.3.2 Comparison with an approved measuring system**  A comparison shall be made with another approved measuring system using the procedure of 5.2 or with a rod-rod gap according to IEC 60052. If the difference between the two measured values is within ± 3 %, the assigned scale factor is taken as valid. If the difference is larger, then a new value of the assigned scale factor shall be determined in a performance test (calibration) as described in 5.2.  **6.3.3 Check of the scale factors of the components**  The scale factor(s) of each component shall be checked, using an internal or an external calibrator having an expanded uncertainty of no more than 1 %. If the difference of the scale factor of each component from its previous value is not larger than ±1 %, the assigned scale factor is taken as still valid. If any difference exceeds 1 %, then a new value of the assigned scale factor shall be determined in a performance test (calibration) as described in 5.2.  **6.4 Measurement of ripple amplitude**  **6.4.1 Requirements**  The ripple amplitude shall be measured with an expanded uncertainty of no more than 10 % of the ripple amplitude or 1 % of the arithmetic mean value of the direct voltage, whichever is larger.  Separate ripple measuring systems may be used to measure the mean value of the voltage and the ripple amplitude, or the same converting device may be used with two separate instruments.  The upper –15 % limit frequency of the amplitude/frequency response of the ripple measuring system shall be greater than 5 times, and the lower –15 % limit frequency less than 0,5 times that of the fundamental frequency *f* of the ripple.  NOTE The requirement on the lower limit frequency can be verified at the frequency of its supply voltage in many cases.  **6.4.2 Uncertainty contributions**  For a ripple voltage measuring system the uncertainty shall be estimated according to Annex A and in addition uncertainty contributions mentioned in 5.3 to 5.9 shall be considered. For details see also the related clauses for measurement of alternating voltages (Clause 7). Other contributions can be important in individual cases and the information given here is for guidance only.  **6.4.3 Calibrations and tests on an approved ripple voltage measuring system**  The tests specified in Table 2 shall be applied only to systems used to measure the ripple amplitude.  The compliance with type test requirements can be proved by tests on a device of the same design or sometimes be derived from manufacturer's data. Routine tests shall be performed on each component. See 4.4.2 for exceptions.  Other uncertainty contributions can be important in individual cases and the information given here is for guidance only.  **6.4.4 Measurement of the scale factor at the ripple frequency**  The scale factor of the ripple measuring system shall be determined at the fundamental frequency *f* of the ripple, with an expanded uncertainty of no more than 3 %. This scale factor may also be determined as the product of the scale factors of the components.  **6.4.5 Dynamic behaviour by amplitude/frequency response**  The measuring system is subjected to a sinusoidal input of known amplitude, usually at low level, and the output is measured. This measurement is repeated for a range of frequencies approximately between 0,5 times and 7 times the fundamental frequency of the ripple. The difference of the measured voltages shall be within 3 dB.  **6.4.6 Performance check for ripple measuring system**  The scale factor of an approved measuring system can be checked by one of the methods described for alternating voltage measuring systems in 7.4. |

**2-р хүснэгт – Лугшилтын хэмжлийн үеийн эргэлзээний нэмрийг тодорхойлоход шаардагдах туршилтууд**

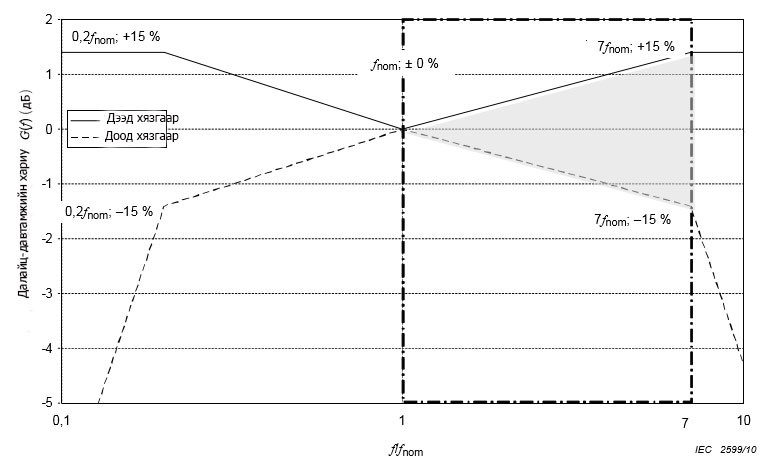
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын төрөл** | **Загварын туршилт** | **Ээлжит туршилт** | **Гүйцэтгэлийн туршилт** | **Гүйцэтгэлийн шалгалт** |
| Тохируулах үеийн хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициент |  |  | 5.2 |  |
| Хуваарийн коэффициентыг шалгах |  |  |  | 6.4.6/7.4 |
| Лугшилтад зориулсан динамик төлөв |  | 6.4.5 | 6.4.5 |  |
| Урт хугацааны тогтвортой байдал | 5.6 |  |  |  |
| Гадаа орчны температурын нөлөө | 5.7 |  |  |  |
| Үүрэг хариуцлага | бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үйлдвэрлэгч хийнэ | | системд хэрэглэгч хийнэ | |
| Давталтын зөвлөсөн тоо | зөвхөн нэг удаа (загварын болон ээлжит туршилт) | | жил бүр гэж төлөвлөдөг ч наад зах нь 5 жил тутамд | тогтвортой байдалд зааснаар хийх ч наад зах нь жил бүр |

**Table 2 – Required tests for uncertainty contributions in ripple measurement**

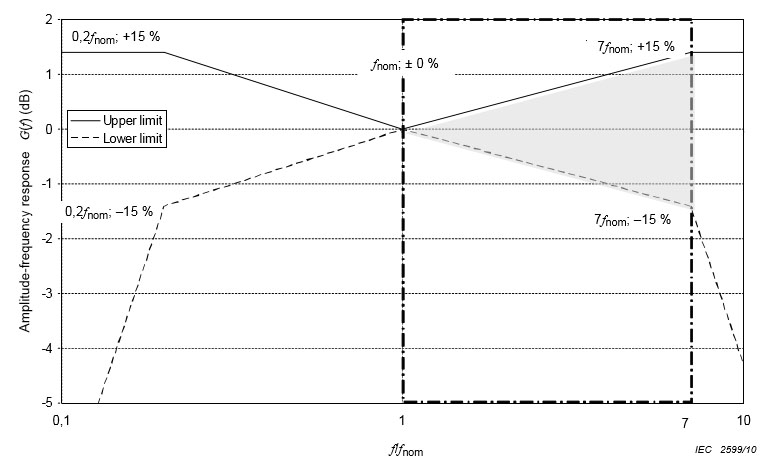
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type of test** | **Type test** | **Routine test** | **Performance test** | **Performance check** |
| Scale factor of measuring system at the calibration |  |  | 5.2 |  |
| Scale factor check |  |  |  | 6.4.6/7.4 |
| Dynamic behavior for ripple |  | 6.4.5 | 6.4.5 |  |
| Long-term stability | 5.6 |  |  |  |
| Ambient temperature effect | 5.7 |  |  |  |
| Responsibility | on components, by manufacturer | | on the system by user | |
| Recommended repetition rate | only once (type and routine test) | | proposed annually, but at least every 5 years | according to stability, but at least annually |

|  |  |
| --- | --- |
| **7 Хувьсах гүйдлийг хэмжих**  **7.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага**  **7.1.1 Ерөнхий зүйл**  Туршилтын хүчдэлийн утгыг IEC 60060-1 стандартын дагуу (оргил утгын √2 эсвэл дундаж квадрат утга) 3%-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM эргэлзээтэй хэвийн давтамжтай үед нь хэмжих ерөнхий шаардлага тавьдаг.  **7.1.2 Эргэлзээний нэмэр**  Хувьсах хүчдэлийг хэмжих системийн хувьд өргөтгөсөн UM эргэлзээг 5.10.3-т заасны дагуу 95%-ийн хамруулах магадлалтай, хэрэв шаардлагатай бол A болон B хавсралтын дагуу үнэлэх хэрэгтэй. Эргэлзээнд нэмэгдэх нэмрийг үнэлэхэд зориулсан туршилтуудыг 3-р хүснэгтэд нэгтгэснээр ихэнхдээ авч үздэг. Зарим тохиолдолд өөр нэмэр чухал байж болох учраас нэмэлтээр авч үзвэл зохино.  **7.1.3 Динамик төлөв**  Нэг хуваагдахгүй үндсэн fnom давтамжид ажиллуулахад зориулсан хэмжлийн системийн далайц-давтамжийн хариу нь 6-р зургийн өөр өнгөөр ялгасан хэсгийн хязгаарт (эргэлзээнд тавих шаардлагаас үндэслэсэн) байх шаардлагатай. Диаграмм дахь хос тоо нь хэмжээ тогтоосон давтамж (логарифмын хуваарь) болон хязгаарын шугамуудын өнцгийн цэгүүд дэх нийцсэн хазайлтыг харуулсан. Үзүүлэлтийг fnom давтамжаас 7 fnom давтамж хүртэлх туршилтуудаар эсвэл хэлхээний дүн шинжилгээнээс баталсан байх хэрэгтэй. Энэ хязгаарын гаднах далайц-давтамжийн хариуг зөвхөн мэдээлэлд зориулан өгдөг.  Хэмжлийн системийг үндсэн давтамжуудын (жишээ нь, IEC 60060-1 стандартын дагуу 45 Гц – 65 Гц хүртэл) нэг хүрээнд баталгаажуулах боломжтой. Ийм тохиолдлуудад хуваарийн коэффициент хамгийн бага fnom1 үндсэн давтамжаас хамгийн өндөр fnom2 үндсэн давтамж хүртэл 1%-ийн хязгаарт тогтмол байвал зохино. fnom1 давтамжаас 7 fnom2 давтамж хүртэлх интервалын дотор далайц-давтамжийн хариу 7-р зургийн өөр өнгөөр ялгасан хэсгийн хязгаарт байхыг шаардана. Диаграмм дахь хос тоо нь хэмжээ тогтоосон давтамж болон хязгаарын шугамуудын өнцгийн цэгүүд дэх төгс хариунаас зөвшөөрөгдөх хэмжээнд хазайсан нийцэх хазайлтыг харуулсан. Үзүүлэлтийг fnom давтамжаас 7 fnom2 давтамж хүртэлх туршилтуудаар эсвэл хэлхээний дүн шинжилгээнээс баталсан байх шаардлагатай. Энэ хязгаарын гаднах далайц-давтамжийн хариуг зөвхөн мэдээлэлд зориулан өгдөг.  Холбогдох техникийн хорооноос динамик төлөвт тавих тусгай шаардлагуудыг тодорхойлж болно.  1-Р ТАЙЛБАР: Эдгээр шаардлагад нийцсэн хэмжлийн системүүд туршилтын хүчдэлийн хэлбэлзэлтэй нийт гажилтын (THD) хэмжилд тохиромжтой давтамжийн хариутай байна гэж үздэг.  2-Р ТАЙЛБАР: Зураг дээрх өөр өнгөөр ялгасан хэсгийн гаднах давтамжийн хариу шаардлагагүй хэдий ч сайн туршлага болдог.  3-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв ажлын таамагласан бүх нөхцөлийн хувьд туршилтын хүчдэлийн оргил утгыг дундаж квадрат утгад харьцуулсан харьцаа ±1%-ийн хязгаарт √2-той тэнцүү гэж харуулах боломжтой бол хувьсах хүчдэлийн үүсгүүрт (жишээ нь, цуваа тэгшитгэсэн системүүд) хэрэглэдэг хэмжлийн системд зориулан далайц давтамжийн хариуны хэмжлийг хойшлуулах боломжтой.  4-Р ТАЙЛБАР: Хувьсах хүчдэлд давхардсан шилжилтийн хүчдэлийг хэмжих шаардлага зарим тохиолдолд гарч болно. Энэ хэмжилд тавих шаардлагыг энд бичээгүй ч зарим зааварчилгааг 8-р Зүйлээс үзэж болно. | **7 Measurement of alternating voltage**  **7.1 Requirements for an approved measuring system**  **7.1.1 General**  The general requirement is to measure the test voltage value according to IEC 60060-1 (peak √2 or r.m.s. value) at its rated frequency with an expanded uncertainty UM ≤ 3 %.  **7.1.2 Uncertainty contributions**  For an alternating voltage measuring system the expanded uncertainty UM shall be evaluated with a coverage probability of 95 % according to 5.10.3 and - if necessary - Annexes A and B. Tests for assessing contributions to uncertainty which are usually considered are summarized in Table 3. Other contributions can be important in some cases and so shall be considered in addition.  **7.1.3 Dynamic behaviour**  The amplitude-frequency response of a measuring system, intended for operation at one single fundamental frequency fnom, shall be within the marked area of Figure 6, derived from the uncertainty requirements. Number pairs in the diagram show the normalised frequency (logarithmic scale) and the corresponding deviation at the corner points of the limit lines. Performance shall be proven from fnom to 7 fnom by tests or circuit analysis. The amplitude-frequency response outside this range is given for information only.  A measuring system can also be approved for a range of fundamental frequencies (e.g. 45 Hz to 65 Hz according to IEC 60060-1). The scale factor shall in such cases be constant within 1 % from the lowest fundamental frequency fnom1 up to the highest fundamental frequency fnom2. The amplitude-frequency response inside the interval fnom1 to 7 fnom2, shall be within the marked area of Figure 7. Number pairs in the diagram show the normalised frequency and the corresponding permitted deviation from the ideal response at the corner points of the limit lines. Performance shall be proven from fnom1 to 7 fnom2 by tests or circuit analysis. The amplitude-frequency response outside this range is given for information only.  Special requirements on dynamic behaviour may be specified by the relevant technical committee.  NOTE 1 Measuring systems complying with these requirements are considered to have a frequency response suitable for measurement of the total harmonic distortion (THD) on the test voltage.  NOTE 2 The frequency response outside the marked area, although not required, represents good practice.  NOTE 3 Amplitude-frequency response measurements can be waived for measuring systems used on alternating voltage sources (e.g. series resonant systems) if it can be demonstrated that the peak-to-r.m.s. ratio of the test voltage equals √2 within ±1 % for all expected operation conditions.  NOTE 4 In certain cases, it may be necessary to measure transient voltages superimposed on an alternating voltage. No requirements for this are given here, but some guidance may be obtained from Clause 8. |

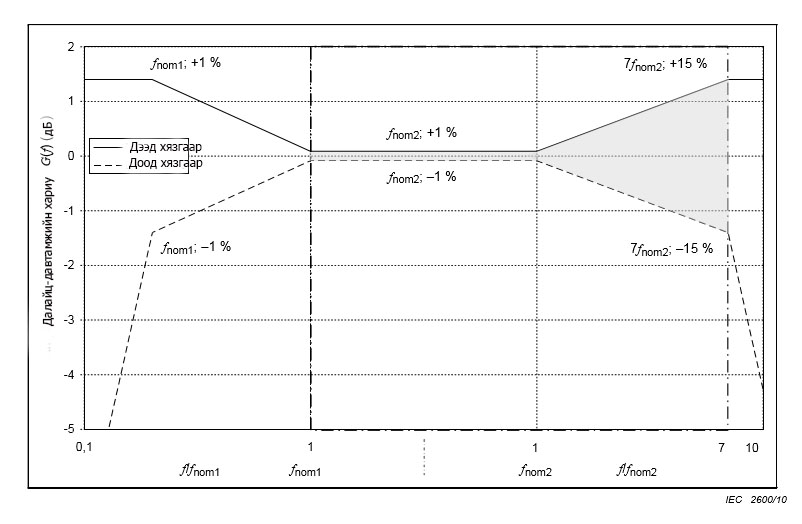
**6-р зураг – Хуваагдахгүй үндсэн fnom ((1…7)fnom хүрээнд туршилт хийсэн байх хэрэгтэй) давтамжуудад зориулсан хэмжлийн системийн хүлээн зөвшөөрөх хэвийн хэмжээ тогтоосон далайц давтамжийн хариуны тодруулсан хэсэг**

****

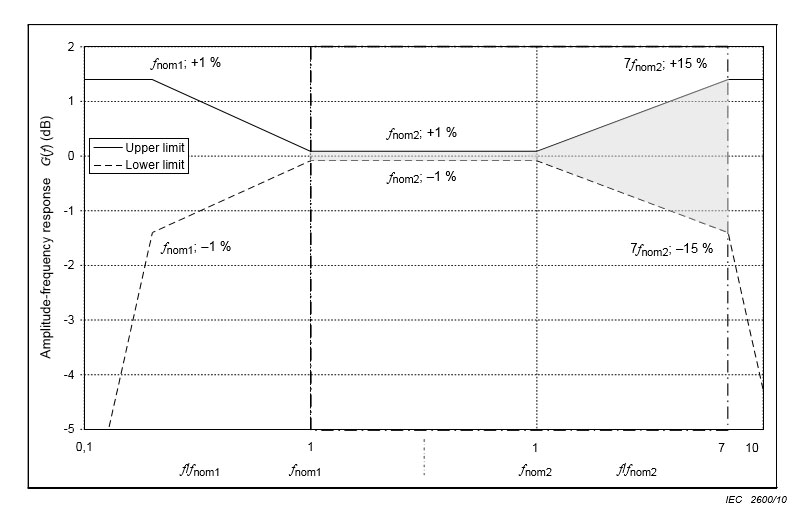
**Figure 6 - Shaded area for acceptable normalised amplitude-frequency responses of measuring systems intended for single fundamental frequencies fnom (to be tested in the range (1….7) fnom)**

****

**7-р зураг - Үндсэн давтамжийн fnom1-ээс fnom2 (fnom1 –ээс 7 fnom2 хүртэл хүрээнд туршилт хийсэн байх хэрэгтэй) хүртэл хүрээнд зориулсан хэмжлийн системийн хүлээн зөвшөөрөх хэвийн хэмжээ тогтоосон далайц давтамжийн хариуны тодруулсан хэсэг**

****

**Figure 7 - Shaded area for acceptable normalised amplitude-frequency responses of measuring systems intended for a range of fundamental frequencies fnom1 to fnom2 (to be tested in the range fnom1 to 7 fnom2)**

****

|  |  |
| --- | --- |
| **7.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт**  Хувьсах хүчдэлийн хэмжлийн систем, системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд, мөн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээний үнэлэлтийг шалгахад 3-р хүснэгтэд нэгтгэсэн, 5-р Зүйлд зүйлд заасан туршилтууд шаардлагатай. Үл тооцох зүйлийг 4.4.2-оос үзнэ үү.  Загварын болон ээлжит туршилтын үр дүнг үйлдвэрлэгчийн өгөгдлөөс авах боломжтой. Цогц төхөөрөмж тус бүрд ээлжит туршилтыг хийх хэрэгтэй.  **7.3 Динамик төлөвийн туршилт**  Динамик төлөвийг тодорхойлохын тулд системийг тодорхой далайцын синусоид оролтод ихэнхдээ нам түвшинд турших бөгөөд гаралтыг хэмждэг. Туршилтын давтамжийг 1-7 дахин авсан давтамжуудын хүрээнд энэ хэмжлийг давтана. Үр дүн нь 7.1.3-р зүйлд нийцсэн байх шаардлагатай.  **7.4 Гүйцэтгэлийг шалгах**  **7.4.1 Ерөнхий зүйл**  Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициент(ууд)ыг дараах аргуудын нэгээр шалгаж болно.  **7.4.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах**  IEC 60052 стандартын дагуу бөмбөлөг хэлбэртэй электродуудын хоорондын завсартай харьцуулж эсвэл 5.2-ын горимыг хэрэглэн баталгаажуулсан өөр хэмжлийн системтэй харьцуулах хэрэгтэй. Хэмжсэн хоёр утгын хоорондын ялгаа ± 3%-ийн хязгаарт байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэй гэж үзнэ. Хэрэв энэ ялгаа их бол тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг гүйцэтгэлийн туршилтаар (тохируулга) тодорхойлох хэрэгтэй (5.2-ыг үзнэ үү).  **7.4.3 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентыг шалгах**  Бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн хуваарийн коэффициент(ууд)ыг 1%-аас ихгүй өргөтгөсөн эргэлзээтэй, дотор талын эсвэл гадна талын тохируулагч хэрэглэн шалгасан байвал зохино. Хуваарийн коэффициент бүрийн ялгаа нь өмнөх утгаасаа ± 1%-аас ихгүй байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэйд тооцно. Хэрэв аливаа ялгаа 1%-аас хэтэрсэн бол тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг тодорхойлох хэрэгтэй (5.2-ыг үзнэ үү). | **7.2 Tests on an approved measuring system**  The tests according to Clause 5, summarized in Table 3, are necessary for the qualification of an alternating voltage measuring system and its components as well as for the estimation of the expanded uncertainty of measurement. For exceptions see 4.4.2.  The results of the type and routine tests can be taken from manufacturer's data. Routine tests shall be performed on each unit.  **7.3 Dynamic behaviour test**  To determine the dynamic behaviour, the system is subjected to a sinusoidal input of known amplitude, usually at low level, and the output is measured. This measurement is repeated for the range of frequencies between 1 time and 7 times the test frequency. The result shall be in accordance with clause 7.1.3.  **7.4 Performance check**  **7.4.1 General**  The scale factor(s) of an approved measuring system can be checked by one of the following methods.  **7.4.2 Comparison with an approved measuring system**  A comparison shall be made with another approved measuring system using the procedure of 5.2 or with a sphere gap according to IEC 60052. If the difference between the two measured values is within ±3 %, the assigned scale factor is taken as still valid. If the difference is larger, then a new value of the assigned scale factor shall be determined in a performance test (calibration) (see 5.2).  **7.4.3 Check of the scale factors of the components**  The scale factor(s) of each component can be checked using an internal or an external calibrator having an expanded uncertainty of no more than 1 %. If the difference of each scale factor from its previous value is not more than ±1 %, the assigned scale factor is taken as still valid. If any difference exceeds 1 % then a new value of the assigned scale factor shall be determined (see 5.2). |

**3-р хүснэгт - Хувьсах хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын төрөл** | **Загварын туршилт** | **Ээлжит туршилт** | **Гүйцэтгэлийн туршилт** | **Гүйцэтгэлийн шалгалт** |
| Тохируулах үеийн хуваарийн коэффициент |  |  | 5.2 |  |
| Хуваарийн коэффициентыг шалгах |  |  |  | 7.4 |
| Шугаман байдал, 2-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү |  | 5.3 | 5.3 (хэрэв хийх боломжтой бол) |  |
| Динамик төлөв | 5.4/ 7.4 |  | 5.4 |  |
| Богино хугацааны тогтвортой байдал |  | 5.5 |  |  |
| Урт хугацааны тогтвортой байдал | 5.6 |  | 5.6 (хэрэв хийх боломжтой бол) |  |
| Гадаа орчны температурын нөлөө | 5.7 |  |  |  |
| Ойр орчны нөлөө, 3-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  |
| Программ хангамжийн нөлөө | 5.9 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжид хийх хуурай нөхцөлийн тэсвэрлэх туршилт | 5.13 | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжид хийх нойтон нөхцөлийн эсвэл бохирдлын тэсвэрлэх туршилт | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Кабелиас бусад дамжуулах системийн хуваарийн коэффициент | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Хэмжих хэрэгслийн хуваарийн коэффициент | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Үүрэг хариуцлага | бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үйлдвэрлэгч хийнэ | | системд хэрэглэгч хийнэ, 1-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | |
| Давталтын зөвлөсөн тоо | зөвхөн нэг удаа (загварын болон ээлжит туршилт) | | жил бүр гэж төлөвлөдөг ч наад зах нь 5 жил тутамд | тогтвортой байдалд зааснаар хийх ч наад зах нь жил бүр |
| 1-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв гүйцэтгэлийн туршилтыг өөр аргын дагуу хийсэн бол дээр бичсэн туршилтуудыг нэг бүрэлдэхүүн хэсэгт мөн хийхийг шаардана (5.2.2-ыг үзнэ үү). Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хэмжлийн эргэлзээг олохын тулд туршилт хийсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг B хавсралтад үзүүлсэн шиг нэгтгэсэн байвал зохино.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв тохируулгыг хэмжлийн бүрэн хүрээн дэх харьцуулалтаар хийх боломжгүй бол зөвхөн 5.3-т заасан шугаман хамаарлын туршилтыг шаардана.  3-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв загварын туршилтын өгөгдөл хангалтгүй бол гүйцэтгэлийн туршилтад ойр орчны нөлөөг шалгах шаардлага гардаг. | | | | |

**Table 3 – Tests required for an approved alternating voltage measuring system**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type of test** | **Type test** | **Routine test** | **Performance test** | **Performance check** |
| Scale factor at calibration |  |  | 5.2 |  |
| Scale factor check |  |  |  | 7.4 |
| Linearity, see NOTE 2 |  | 5.3 | 5.3  (if applicable) |  |
| Dynamic behaviour | 5.4/7.3 |  | 5.4 |  |
| Short-term stability |  | 5.5 |  |  |
| Long-term stability | 5.6 |  | 5.6  (if applicable) |  |
| Ambient temperature effect | 5.7 |  |  |  |
| Proximity effect, see NOTE 3 | 5.8  (if applicable) |  | 5.8  (if applicable) |  |
| Software effect | 5.9  (if applicable) |  |  |  |
| Dry withstand test on converting device | 5.13 | 5.13  (if applicable) |  |  |
| Wet or polluted withstand test on converting device | 5.13  (if applicable) |  |  |  |
| Scale factor of converting device | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor of transmission system other than a cable | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor of measuring instrument | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Responsibility | on components, by manufacturer | | on the system by user, see NOTE 1 | |
| Recommended repetition rate | only once (type and routine test) | | proposed annually, but at least every 5 years | according to stability, but at least annually |
| NOTE 1 The above listed tests should also be applied to single components if performance tests are made according to the alternative method (see 5.2.2). To obtain the uncertainty of measurement of the approved measuring system those of the components should be combined as demonstrated in Annex B.  NOTE 2 A linearity test according to 5.3 is only required if the calibration cannot be performed by comparison over the full assigned measurement range (5.2.1.2).  NOTE 3 Proximity effects can be caused by corona and related space charge effects. Investigation of the proximity effect in the performance test is only necessary if the type test data are not sufficient. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **8 Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжих**  **8.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага**  **8.1.1 Ерөнхий зүйл**  Дараах ерөнхий шаардлагыг тавина. Үүнд:   * өргөтгөсөн UM1 эргэлзээ нь 3 %-аас бага буюу тэнцүү, бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдэд зориулан туршилтын хүчдэлийн утгыг IEC 60060-1 стандартын дагуу хэмжих; * өргөтгөсөн UM2 эргэлзээ нь 5 %-аас бага буюу тэнцүү (Tc хугацаа 0,5 µс-ээс их, 2 µс-ээс бага), урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдийн оргил утгыг хэмжих; * өргөтгөсөн UM3 эргэлзээ нь 10 %-аас бага буюу тэнцүү долгионы хэлбэрийг IEC 60060-1 стандартын дагуу тодорхойлдог хугацааны параметрүүдийг хэмжих; * IEC 60060-1 стандартад заасан зөвшөөрөгдөх түвшнүүдээс хэлбэлзлүүд хэтрээгүй гэдгийг батлахын тулд импульсэд давхардсан байж болох хэлбэлзлүүдийг хэмжих нь орно.   ТАЙЛБАР: ОУЦТК-ын машин механизмын аливаа техникийн хорооноос ямар нэгэн шаардлагыг тодорхойлоогүй байгаа учраас хүчдэлийн уналтын хэмжилд зориулан ямар ч зөвлөмж өгөөгүй болно.  **8.1.2 Эргэлзээний нэмэр**  Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжих системийн хувьд хэмжлийн өргөтгөсөн UM эргэлзээг 5.10.3, 5.11.3-т зааснаар 95%-ийн хамруулах магадлалтай, хэрэв шаардлагатай бол A болон B хавсралтын дагуу үнэлэх хэрэгтэй. Эргэлзээнд нэмэгдэх нэмрийг үнэлэхэд зориулсан туршилтуудыг 4-р хүснэгтэд нэгтгэснээр ихэнхдээ авч үздэг. Зарим тохиолдолд өөр нэмэр чухал байж болох учраас нэмэлтээр авч үзвэл зохино.  **8.1.3 Хэмжих хэрэгсэлд тавих шаардлага**  Хэмжих хэрэгсэл нь IEC 61083-1 болон IEC 61083-2 стандартад нийцэх шаардлагатай.  **8.1.4 Динамик төлөв**  Гүйцэтгэлийн бичлэгт тодорхойлсон долгионы хэлбэрт зориулан нэрлэсэн үед оргил хүчдэл болон хугацааны параметрүүдийг хэмжихэд хэмжлийн системийн динамик төлөв дараах нөхцөлд хангалттай байна. Үүнд:   * Хуваарийн коэффициент дараах хязгаарт тогтмол байх: * бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдэд зориулан ± 1 %-ийн дотор байх * урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдэд зориулан ± 3 %-ийн дотор байх * хугацааны параметрийн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ 10%-аас ихгүй байх нь тус тус орно.   1-Р ТАЙЛБАР: Импульсэд давхардсан байж болох хэлбэлзлүүдийг тэмдэглэсэн муруйд дахин сэргээхийн тулд нийцэх дээд хязгаарын давтамж хэдэн МГц байх боломжтой... Хэдэн арван нано секундтэй тэнцүү эсвэл түүнээс бага хариуны Tα параметртэй хэмжлийн системийг тохиромжтой гэж үзэх боломжтой (C хавсралтыг үзнэ үү). Эдгээр хязгаарыг тооцон үзэж байгаа болно.  2-Р ТАЙЛБАР: Оргил утга, хугацааны параметр болон хэлбэлзлүүд гэх мэт шаардлагатай хэмжигдэхүүнийг хэмжихийн тулд хэмжлийн тохиромжтой нэг системийг хэрэглэдэг. Гэхдээ оргил утга, хугацааны параметрийн хэмжилд зориулан олон системийг баталгаажуулж болох ч хэлбэлзлийг хэмжихэд зориулан баталгаажуулах боломжгүй. Энэ тохиолдолд оргил хүчдэл, хугацааны параметрийг хэмжихэд зориулан хэмжлийн нэг системийг баталгаажуулах боломжтой ч хэлбэлзлийн хэмжилд зориулан нэмэлт системийг баталгаажуулдаг.  **8.1.5 Туршилтын биетэд холбох**  Хувиргах төхөөрөмжийг туршилтын биетийн гаргалгуудад шууд холбосон байвал зохино. Хүчдэлийн үүсгүүр болон туршилтын биетийн хооронд хувиргах төхөөрөмжийг холбож болохгүй. Хувиргах төхөөрөмжид холбосон дамжуулах утсаар зөвхөн гүйдлийг хэмжлийн системд дамжуулах хэрэгтэй. Туршилтын болон хэмжлийн хэлхээний хоорондын холбоос маш бага байхаар хувиргах төхөөрөмжийг байрлуулсан байхыг шаардана.  ТАЙЛБАР: Жишээ нь, нэгтгэсэн хүчдэлээр туршилт хийхэд зориулсан гэх мэт үл тооцох зүйлс байх боломжтой (IEC 60060-1 стандартыг үзнэ үү).  **8.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт**  Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжих систем, системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд, мөн өргөтгөсөн эргэлзээний үнэлэлтийг шалгахад 4-р хүснэгтэд нэгтгэсэн, 5-р Зүйлд зүйлд заасан туршилтууд шаардлагатай. Үл тооцох зүйлийг 4.4.2-оос үзнэ үү.  Загварын болон ээлжит туршилтын үр дүнг үйлдвэрлэгчийн өгөгдлөөс авах боломжтой. Цогц төхөөрөмж тус бүрд ээлжит туршилтыг хийх хэрэгтэй. | **8 Measurement of lightning impulse voltage**  **8.1 Requirements for an approved measuring system**  **8.1.1 General**  The general requirements are:   * to measure the test voltage value according to IEC 60060-1 for full and tail-chopped impulses with an expanded uncertainty UM1 ≤ 3 %; * to measure the peak value of front chopped impulses with an expanded uncertainty UM2 ≤ 5 % (0,5 μs < Tc < 2 μs); * to measure the time parameters which define the waveform according to IEC 60060-1 with an expanded uncertainty UM3 ≤ 10 %;      * to measure oscillations which may be superimposed on an impulse to ensure that they do not exceed the permitted levels given in IEC 60060-1.   NOTE No recommendations are given for the measurement of voltage collapse since no IEC apparatus committee has yet specified a requirement.  **8.1.2 Uncertainty contributions**  For a lightning impulse voltage measuring system, the expanded uncertainty of measurement UM shall be evaluated with a coverage probability of 95 %; according to 5.10.3, 5.11.3 and – if necessary - Annexes A and B. Tests for assessing contributions to uncertainty which are usually considered are summarized in Table 4. Other contributions can be important in some cases and so shall be considered in addition.  **8.1.3 Requirement on measuring instrument**  The measuring instrument shall comply with IEC 61083-1 and IEC 61083-2.  **8.1.4 Dynamic behaviour**  The dynamic behaviour of a measuring system is adequate for the measurement of peak voltage and time parameters over the nominal epoch for waveforms specified in the record of performance when:   * the scale factor is constant within the following limits: * within ± 1 % for full and tail-chopped impulses * within ± 3 % for front-chopped impulses * the expanded uncertainty of the time parameters measurement is not greater than 10 %.   NOTE 1 In order to reproduce, in the recorded curve, oscillations that may be superimposed on an impulse, the relevant upper limit frequency may be several MHz.. A measuring system with a response parameter Tα equal or less than several tens of nanoseconds can be considered suitable (see Annex C). These limits are under consideration.  NOTE 2 Preferably one measuring system is used to measure all of the required quantities, i.e. the peak value, the time parameters, and oscillations. However, many systems which could be approved for measurements of peak value and time parameters cannot be approved for measurements of oscillations. In this case a measuring system may be approved for measurements of peak voltage and time parameters while an auxiliary system is approved for measurements of oscillations.  **8.1.5 Connection to the test object**  The converting device shall be connected directly to the terminals of the test object. The converting device shall not be connected between the voltage source and the test object. The lead to the converting device shall carry only the current to the measuring system. The converting device should be placed so that coupling between the test and measuring circuits is negligible.  NOTE Exceptions are possible, e.g. for testing with combined voltages (see IEC 60060-1).  **8.2 Tests on an approved measuring system**  The tests according to Clause 5, summarized in Table 4, are necessary for the qualification of a lightning impulse voltage measuring system and its components as well as for the estimation of the expanded uncertainty. For exceptions see 4.4.2.  The results of the type and routine tests can be taken from manufacturer's data. Routine tests shall be performed on each unit. |

**4-р хүснэгт – Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын төрөл** | **Загварын туршилт** | **Ээлжит туршилт** | **Гүйцэтгэлийн туршилт** | **Гүйцэтгэлийн шалгалт** |
| Тохируулах үеийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр |  |  | 5.2  5.11/8.3 |  |
| Хуваарийн коэффициентыг шалгах |  |  |  | 8.5 |
| Шугаман байдал, 2-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү |  | 5.3 | 5.3 (хэрэв хийх боломжтой бол) |  |
| Динамик төлөв | 5.4/ 8.4 |  | 5.4/ 8.4 | 8.5 |
| Урт хугацааны тогтвортой байдал | 5.6 |  | 5.6 ( хийх боломжтой бол) |  |
| Гадаа орчны температурын нөлөө | 5.7 |  |  |  |
| Ойр орчны нөлөө, 3-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  |
| Программ хангамжийн нөлөө (IEC 61083-2) | 5.9 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Интерференцийн туршилт |  |  | 5.12 | 5.12 |
| Хуурай нөхцөлийн тэсвэрлэх туршилт | 5.13 | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |
| Нойтон нөхцөлийн эсвэл бохирдлын тэсвэрлэх туршилт | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Кабелиас бусад дамжуулах системийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Хэмжих хэрэгслийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр | 5.2.2  IEC 61083 | 5.2.2  IEC 61083 |  |  |
| Үүрэг хариуцлага | бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үйлдвэрлэгч хийнэ | | системд хэрэглэгч хийнэ, 1-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | |
| Давталтын зөвлөсөн тоо | зөвхөн нэг удаа (загварын болон ээлжит туршилт) | | жил бүр гэж төлөвлөдөг ч наад зах нь 5 жил тутамд | тогтвортой байдалд зааснаар хийх ч наад зах нь жил бүр |
| 1-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв гүйцэтгэлийн туршилтыг өөр аргын дагуу хийсэн бол дээр бичсэн туршилтуудыг нэг бүрэлдэхүүн хэсэгт мөн хийхийг шаардана (5.2.2-ыг үзнэ үү). Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хэмжлийн эргэлзээг олохын тулд туршилт хийсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг B хавсралтад үзүүлсэн шиг нэгтгэсэн байвал зохино.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв тохируулгыг хэмжлийн бүрэн хүрээн дэх харьцуулалтаар хийх боломжгүй бол зөвхөн 5.3-т заасан шугаман хамаарлын туршилтыг шаардана.  3-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв загварын туршилтын өгөгдөл хангалтгүй бол гүйцэтгэлийн туршилтад ойр орчны нөлөөг шалгах шаардлага гардаг. | | | | |

**Table 4 –** **Tests required for an approved lightning impulse voltage measuring system**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type of test** | **Type test** | **Routine test** | **Performance test** | **Performance check** |
| Scale factor /time parameters at the calibration |  |  | 5.2  5.11/8.3 |  |
| Scale factor check |  |  |  | 8.5 |
| Linearity, see NOTE 2 |  | 5.3 | 5.3  (if applicable) |  |
| Dynamic behaviour | 5.4/8.4 |  | 5.4/8.4 | 8.5 |
| Long-term stability | 5.6 |  | 5.6  (if applicable) |  |
| Ambient temperature effect | 5.7 |  |  |  |
| Proximity effect, see NOTE 3 | 5.8  (if applicable) |  | 5.8  (if applicable) |  |
| Software effect (IEC 61083-2) | 5.9  (if applicable) |  |  |  |
| Interference test |  |  | 5.12 | 5.12 |
| Dry withstand test on converting device | 5.13 | 5.13  (if applicable) |  |  |
| Wet or polluted withstand test on converting device | 5.13  (if applicable) |  |  |  |
| Scale factor /time parameters of converting device | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor /time parameters of transmission system other than a cable | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor /time parameters of measuring instrument | 5.2.2  IEC 61083 | 5.2.2  IEC 61083 |  |  |
| Responsibility | on components, by manufacturer | | on the system by user, see NOTE 1 | |
| Recommended repetition rate | only once (type and routine test) | | proposed annually, but at least every 5 years | according to stability, but at least annually |
| NOTE 1 The above listed tests should also be applied to single components if performance tests are made according to the alternative method (see 5.2.2). To obtain the uncertainty of measurement of the approved measuring system those of the components should be combined as demonstrated in Annex B.  NOTE 2 A linearity test according to 5.3 is only required if the calibration cannot be performed by comparison over the full assigned measurement range (5.2.1.2).  NOTE 3 Proximity effects can be caused by corona and related space charge effects. Investigation of the proximity effect in the performance test is only necessary if the type test data are not sufficient. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **8.3 Хэмжлийн системд хийх гүйцэтгэлийн туршилт**  **8.3.1 Жишиг арга (давууд тооцсон)**  Хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициент болон динамик төлөвийг 5.2-т бичсэн горимыг хэрэглэн, жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулах аргаар тодорхойлох шаардлагатай. Хэмжлийн хоёр системийн хооронд орлуулах туршилтын биетийг хэрэглэхийг зөвлөдөг.  tmin хугацаанаас tmax хугацаа хүртэл нэрлэсэн үе дэх гүйцэтгэлийг хоёр өөр долгионы хэлбэртэй импульс хэрэглэн дараах импульсүүдээр шалгах хэрэгтэй. Үүнд:  Бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдийн хувьд:   * tmin хугацаа нь импульсийн өсөх хамгийн богиноT1min хугацаатай тэнцүү * tmax хугацаа нь өсөх хамгийн уртT1max хугацаатай тэнцүү * долгионы энэ хоёр хэлбэр нь баталгаажуулах шаардлагатай хэмжлийн системд зориулсан хагас утгад хүрэх хамгийн урт T2max орчим хугацаатай байна.   Урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдийн хувьд:   * tmin хугацаа нь хэрчих хамгийн богино Tcmin хугацаатай тэнцүү * tmax хугацаа нь хэрчих хамгийн богино Tcmax хугацаатай тэнцүү байна.   **8.3.2 C хавсралтын дагуу алхмын хариуны хэмжлээр нэмсэн хоёр дахь арга**  T1min хугацаанаас T1max хугацаа хүртэлх хязгаарт импульсийн өсөхT1cal нэг хугацаатай, баталгаажуулах шаардлагатай хэмжлийн системд зориулсан хагас утгад хүрэх хамгийн урт T2max хугацаатай ойролцоогоор тэнцүү хагас утгад хүрэх хугацаатай бүтэн импульсүүдийг хэрэглэн, 5.2-ын дагуу жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулсан харьцангуй хэмжлээр тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тодорхойлно. Хоёр дахь арга нь бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентуудаас тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох боломжтой арга юм (5.2.2) .  Урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсийг хэмжих зориулалттай хэмжлийн системийн хувьд тохируулгын импульс нь Tcmin хугацаанаас Tcmax хугацаа хүртэл хязгаарт хэрчих Tccal хугацаатай байна.  Түүнчлэн хэмжлийн системийн алхмын хариуг C хавсралтын дагуу хэмжих хэрэгтэй. Баталгаажуулах шаардлагатай системд зориулсан жишиг түвшний үе(үүд)д байх жишиг түвшин дараах хугацаанд алхмын хариуны утгаас ялгарч болохгүй. Үүнд:   * бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдийн хувьд ± 1%-аас их T1cal хугацаа, мөн * урд хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсүүдийн хувьд ± 1%-аас их Tccal хугацаа байна.   Алхмын хариуг 0,5T1min хугацаанаас 2T1max хүртэлх жишиг түвшний үед байх жишиг түвшнээс 2%-аас ихээр хазайлгаж болохгүй (C хавсралт). Цаашид алхмын хариуг 2T1max хугацаанаас 2T2max хүртэл хязгаарт 5%-аас ихээр хазайлгаж болохгүй бөгөөд T2max нь баталгаажуулах шаардлагатай системд зориулсан хагас утгад хүрэх хамгийн урт хугацаа байна.  **8.4 Динамик төлөвийн туршилт**  **8.4.1 Жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулах (давууд тооцсон)**  8.3.1-ийн туршилтуудад хийсэн бичлэгийг хэрэглэж болох бөгөөд систем бүрд зориулан үнэлсэн, хэмжсэн импульсүүдийн хамаарах хугацааны параметрүүдийг болон туршилт хийж байгаа системээр хэмжсэн хугацааны параметрүүдийн эргэлзээг үнэлэх шаардлагатай (5.11).  ТАЙЛБАР: Импульсийн төрлүүдийн нэг бүлэгт зориулсан баталгаажуулалтыг шаардах тохиолдлуудад нэг импульсийн төрлөөс tmin хугацааг, нөгөө импульсийн төрлөөс tmax сонгох боломжтой. Ийм тохиолдлуудад импульсийн бүх төрлийн хагас утгад хүрэх хамгийн урт хугацааг хэрэглэвэл зохино.  **8.4.2 Алхмын хариуны параметрүүдэд үндэслэсэн хоёр дахь арга (C хавсралт)**  Системийг хүчдэлийн алхмаар турших бөгөөд гаралтын бичлэгийг хийнэ. Үнэлгээний хувьд C хавсралтыг үзнэ үү.  ТАЙЛБАР: Гүйцэтгэлийг конволюцийн аргачлалаар шалгах боломжтой. Хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг аливаа тохиромжтой аргаар тогтоодог. Хуваарийн коэффициентыг тодорхойлоход хэрэглэдэг долгионы хэлбэр нь D хавсралтад тайлбарласан конволюцийн аргаар хамруулсан хязгаарт байх хэрэгтэй.  Динамик төлөвийг хэмжлийн системийн алхмын хариугаар (C хавсралтын дагуу бичиж авсан) болон баталгаажуулахаар судалж байгаа долгионы нэрлэсэн хэлбэрүүдтэй, бичиж авсан алхмын хариуны конволюцийн аргаар тодорхойлдог. Долгионы янз бүрийн хэлбэрт зориулан хэмжлийн системээр гаргасан алдааг конволюцийн аргаар дүгнэж болно (D хавсралт). Жишиг түвшний үед үүсэх хуваарийн коэффициентын өөрчлөлт ±1%-ийн хязгаарт байх хэрэгтэй.  **8.5 Гүйцэтгэлийг шалгах**  **8.5.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулах**  Баталгаажуулсан өөр хэмжлийн системтэй (эсвэл жишиг хэмжлийн систем) 5.2-ын горимыг хэрэглэн харьцуулдаг. Оргил утгуудыг харьцуулахад IEC 60052 стандартын дагуу бөмбөлөг хэлбэртэй электродуудын хоорондын завсрыг хэрэглэж болно.  Хэмжсэн хоёр оргил утгын хоорондын ялгаа 3%-ийн хязгаарт байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэй гэж үзнэ. Хэрэв энэ ялгаа их байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг гүйцэтгэлийн туршилтаар тодорхойлох шаардлагатай.  Хугацааны параметр бүрийн утга нь өөр хэмжлийн системээр хэмжсэн, нийцэх утгын ±10 %-ийн хязгаарт байвал зохино. Аливаа ялгаа 10%-аас их үед гүйцэтгэлийн туршилтаар нэрлэсэн үеийг тодорхойлох хэрэгтэй.  **8.5.2 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентыг шалгах**  Бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн хуваарийн коэффициент(ууд)ыг 1%-аас ихгүй өргөтгөсөн эргэлзээтэй дотор талын эсвэл гадна талын тохируулагч хэрэглэн шалгасан байхыг шаардана. Хуваарийн коэффициентууд өмнөх утгаасаа ± 1%-аас ихгүй ялгаатай байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэй гэж үзнэ. Хэрэв аливаа ялгаа ± 1%-аас их бол тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг тодорхойлох хэрэгтэй.  **8.5.3 Жишиг бичлэгээр динамик төлөвийг шалгах**  Гүйцэтгэлийн шалгалтад ашиглахад шаардлагатай үед хэмжлийн системийн алхмын хариуг C хавсралтын аргыг хэрэглэн бичиж авсан байвал зохино. Энэ бичлэгийг дараагийн гүйцэтгэлийн шалгалтуудад динамик төлөвийн өөрчлөлтийг илрүүлэхэд зөвшөөрөх жишиг бичлэг (“хурууны хээ”) шиг хэрэглэхэд зориулсан гүйцэтгэлийн бичлэгт оруулах шаардлагатай.  **9 Таслах, залгах импульсийн хүчдэлийг хэмжих**  **9.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд тавих шаардлага**  **9.1.1 Ерөнхий зүйл**  Дараах ерөнхий шаардлагыг тавина. Үүнд:   * 3 %-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM1 эргэлзээтэй таслах, залгах импульсүүдийн туршилтын хүчдэлийн утгыг (оргил утга) IEC 60060-1 стандартын дагуу хэмжих; * 10 %-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM3 эргэлзээтэй долгионы хэлбэрийг тодорхойлох хугацааны параметрүүдийг хэмжих нь орно.   **9.1.2 Эргэлзээний нэмэр**  Таслах, залгах импульсийн хүчдэлийг хэмжих системийн хувьд хэмжлийн өргөтгөсөн UM эргэлзээг 95%-ийн хамруулах магадлалтай, 5.10.3, 5.11.3-т зааснаар хэрэв шаардлагатай бол A болон B хавсралтын дагуу үнэлэх хэрэгтэй. Эргэлзээнд нэмэгдэх нэмрийг үнэлэхэд зориулсан туршилтуудыг 5-р хүснэгтэд нэгтгэснээр ихэнхдээ авч үздэг. Зарим тохиолдолд өөр нэмэр чухал байж болох учраас нэмэлтээр авч үзвэл зохино.  **9.1.3 Хэмжих хэрэгсэлд тавих шаардлага**  Хэмжих хэрэгсэл нь IEC 61083-1 болон IEC 61083-2 стандартад нийцэх шаардлагатай.  **9.1.4 Динамик төлөв**  Хэмжлийн системийн динамик төлөв дараах нөхцөлд хангалттай байна. Үүнд:   * гүйцэтгэлийн бичлэгт тодорхойлсон импульсийн долгионы хэлбэрт ±1%-ийн хязгаарт хуваарийн коэффициент тогтмол байна, * хэмжсэн хугацааны параметрийн өргөтгөсөн эргэлзээ нь долгионы хэлбэрийн хүрээнд 10%-аас ихгүй байна.   **9.1.5 Туршилтын биетэд холбох**  Баталгаажуулсан хэмжлийн системийг туршилтын биетийн гаргалгуудад шууд холбох хэрэгтэй. Аянгын импульсийн хүчдэлийн хэмжлээс ялгаатай нь (8.1.5-ыг үзнэ үү) хүчдэлийн үүсгүүр болон туршилтын биетийн хооронд хэмжлийн системийг байрлуулж болно. Туршилтын болон хэмжлийн хэлхээний хоорондын холбоос маш бага байвал зохино.  **9.2 Баталгаажуулсан хэмжлийн системд хийх туршилт**  Таслах, залгах импульсийн хүчдэлийг хэмжих систем, системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд, мөн өргөтгөсөн эргэлзээний үнэлэлтийг шалгахад 5-р хүснэгтэд нэгтгэсэн, 5-р Зүйлд зүйлд заасан туршилтууд шаардлагатай. Үл тооцох зүйлийг 4.4.2-оос үзнэ үү.  Загварын болон ээлжит туршилтын үр дүнг үйлдвэрлэгчийн өгөгдлөөс авах боломжтой. Цогц төхөөрөмж тус бүрд ээлжит туршилтыг хийх хэрэгтэй.  **9.3 Хэмжлийн системд хийх гүйцэтгэлийн туршилт**  **9.3.1 Жишиг арга (давууд тооцсон)**  Хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициент болон динамик төлөвийг 5.2-т бичсэн горимыг хэрэглэн, жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулах аргаар тодорхойлох шаардлагатай. tmin хугацаанаас tmax хугацаа хүртэл нэрлэсэн үе дэх гүйцэтгэлийг хоёр өөр долгионы хэлбэртэй импульс хэрэглэн дараах импульсүүдээр шалгана. Үүнд:   * tmin хугацаа оргил утгад хүрэх хамгийн богино Tpmin хугацаатай тэнцүү, * tmax хугацаа оргил утгад хүрэх хамгийн урт Tpmax хугацаатай тэнцүү, * долгионы энэ хоёр хэлбэр нь баталгаажуулах шаардлагатай хэмжлийн системд зориулсан хагас утгад хүрэх T2max (эсвэл 90%-аас дээш хугацаа эсвэл тэг хүртэл хугацаа) хамгийн урт орчим хугацаатай байх хэрэгтэй.   **9.3.2 Алхмын хариуны хэмжлээр хавсаргасан хоёр дахь арга**  Tpmin хугацаанаас Tpmax хүртэл хязгаарт оргил утгад хүрэхTpcal нэг хугацаатай, баталгаажуулах шаардлагатай хэмжлийн системд зориулсан хагас утгад хүрэх (эсвэл 90%-аас дээш хугацаа эсвэл тэг хүртэл хугацаа) хамгийн урт хугацаатай ойролцоогоор тэнцүү хагас утгад хүрэх (эсвэл 90%-аас дээш хугацаа эсвэл тэг хүртэл хугацаа) хугацаатай бүтэн импульсүүдийг хэрэглэн, 5.2-ын дагуу жишиг хэмжлийн системтэй долгионы хэлбэрийг харьцуулсан харьцангуй хэмжлээр тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тодорхойлно. Хоёр дахь арга нь бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентуудаас хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох боломжтой арга юм (5.2.2).  Түүнчлэн хэмжлийн системийн алхмын хариуны бичлэгийг C хавсралтын дагуу хийх хэрэгтэй. Баталгаажуулах шаардлагатай хэмжлийн системд зориулсан жишиг түвшний үе(үүд)д байх жишиг түвшин(үүд) нь Tpcal хугацаанд алхмын хариуны утгаас ±1 %-аас ихээр зөрж болохгүй. Баталгаажуулах шаардлагатай системд зориулсан Tpmin хугацаанаас T2max (эсвэл 90%-аас дээш хугацаа эсвэл тэг хүртэл хугацаа) хүртэл хязгаарт алхмын хариу 5%-аас ихээр өөрчлөгдөж болохгүй.  **9.4 Харьцуулалтаар хийх динамик төлөвийн туршилт**  9.3.1-ийн туршилтад хийсэн бичлэгүүдийг хэрэглэж болох бөгөөд систем бүрд зориулан үнэлсэн, хэмжсэн импульсүүдэд хамаарах хугацааны параметрүүдийг болон туршилт хийж байгаа системээр хэмжсэн хугацааны параметрүүдийн эргэлзээг 5.4-ийн дагуу үнэлэх хэрэгтэй (5-р хүснэгт).  ТАЙЛБАР: Импульсийн төрлүүдийн нэг бүлэгт зориулсан баталгаажуулалтыг шаардах тохиолдлуудад нэг импульсийн төрлөөс tmin хугацааг, нөгөө импульсийн төрлөөс tmax сонгох боломжтой. Ийм тохиолдлуудад импульсийн бүх төрлийн хагас утгад хүрэх хамгийн урт хугацааг хэрэглэвэл зохино.  **9.5 Гүйцэтгэлийн шалгалт**  **9.5.1 Баталгаажуулсан хэмжлийн системтэй харьцуулж, хуваарийн коэффициентыг шалгах**  Баталгаажуулсан өөр хэмжлийн системтэй (эсвэл жишиг хэмжлийн систем) 5.2-т бичсэн горимыг хэрэглэн харьцуулдаг. Оргил утгуудыг харьцуулахад IEC 60052 стандартын дагуу бөмбөлөг хэлбэртэй электродуудын хоорондын завсрыг хэрэглэж болно.  Хэмжсэн хоёр оргил утгын хоорондын ялгаа 3%-аас ихгүй байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэй гэж үзнэ. Хэрэв энэ ялгаа их байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг гүйцэтгэлийн туршилтаар тодорхойлох шаардлагатай.  Хугацааны параметр бүрийн утга нь өөр хэмжлийн системээр хэмжсэн, нийцэх утгын ±10 %-ийн хязгаарт байвал зохино. Аливаа ялгаа 10%-аас их үед гүйцэтгэлийн туршилтаар нэрлэсэн үеийг тодорхойлох хэрэгтэй.  **9.5.2 Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хуваарийн коэффициентыг шалгах**  Бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн хуваарийн коэффициент(ууд)ыг 1%-аас ихгүй өргөтгөсөн эргэлзээтэй дотор талын эсвэл гадна талын тохируулагч хэрэглэн шалгасан байхыг шаардана. Хуваарийн коэффициентууд өмнөх утгаасаа ± 1%-аас ихгүй ялгаатай байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентыг хүчинтэй гэж үзнэ. Хэрэв аливаа ялгаа ± 1%-аас их бол тогтоосон хуваарийн коэффициентын шинэ утгыг тодорхойлох хэрэгтэй.  **9.5.3** **Жишиг бичлэгээр динамик төлөвийг шалгах**  Гүйцэтгэлийн шалгалтад ашиглахад шаардлагатай үед хэмжлийн системийн алхмын хариуг C хавсралтын аргыг хэрэглэн бичсэн байвал зохино. Энэ бичлэгийг дараагийн гүйцэтгэлийн шалгалтуудад динамик төлөвийн өөрчлөлтийг илрүүлэхэд зөвшөөрөх жишиг бичлэг (“хурууны хээ”) шиг хэрэглэхэд зориулсан гүйцэтгэлийн бичлэгт оруулах шаардлагатай. | **8.3 Performance test on measuring systems**  **8.3.1 Reference method (preferred)**  The assigned scale factor and the dynamic behaviour of the measuring system shall be determined by comparison with a reference measuring system, using the procedure given in 5.2. It is recommended to apply a substitute test object between the two measuring systems.  The performance over the nominal epoch tmin to tmax shall be proven by using impulses with two different waveforms such that:  For full and tail-chopped impulses:   * tmin is equal to the shortest front time T1min * tmax is equal to the longest front time T1max * both these waveforms should approximately have the longest time to half-value T2max for which the measuring system is to be approved.   For front-chopped impulses:   * tmin is equal to the shortest time to chopping Tcmin * tmax is equal to the longest time to chopping Tcmax   **8.3.2 Alternative method supplemented by a measurement of the step response according to Annex C**  The assigned scale factor is determined by a comparative measurement against a reference measuring system according to 5.2 using full impulses with one front time T1cal within the range T1min to T1max and a time to half-value approximately equal to the longest time to halfvalue T2max for which the measuring system is to be approved. Alternatively it can be determined from the scale factors of the components (5.2.2).  For measuring systems intended to measure front-chopped impulses, the calibration impulses should be of a time to chopping Tccal within the range Tcmin to Tcmax.  In addition the step response of the measuring system shall be measured according to Annex C. The reference level within the reference level epoch(s) for which the system is to be approved shall not differ from the value of the step response at the time:   * T1cal by more than ±1 % for full and tail-chopped impulses, and also * Tccal by more than ±1 % for front-chopped impulses.   The step response shall not deviate by more than 2 % from the reference level in the reference level epoch 0,5T1min to 2T1max (Annex C). The step response shall further not deviate by more than 5 % in the range 2T1max to 2T2max where T2max is the longest time to half-value for which the system is to be approved.  **8.4 Dynamic behaviour test**  **8.4.1 Comparison with a reference measuring system (preferred)**  The same records as taken in the test of 8.3.1 can be used and the relevant time parameters of the measured impulses evaluated for each system and the uncertainty of time parameters measured by the system under test shall be evaluated (5.11).  NOTE tmin may be chosen from one impulse type and tmax from another, for cases where approval is required for a group of impulse types. In such cases, the longest time to half-value of all the impulse types should be used.  **8.4.2 Alternative method based on step response parameters (Annex C)**  The system is subjected to a voltage step and the output is recorded. For the evaluation see Annex C.  NOTE Performance can be investigated using convolution techniques. The scale factor of the measuring system is established by any suitable method. The wave shape used to determine the scale factor should be within the range covered by the convolution method described in Annex D.  The dynamic behaviour is determined from the step response of the measuring system (recorded according to Annex C) and from convolution of the recorded step response with the nominal waveforms for which approval is sought. From the convolution, the errors introduced by the measuring system for different wave shapes can be estimated (Annex D). The change in scale factor over the reference level epoch shall be within ± 1%.    **8.5 Performance check**  **8.5.1 Comparison with an approved measuring system**  A comparison is made with another approved measuring system (or reference measuring system) using the procedure of 5.2. For the comparison of peak values a sphere gap according to IEC 60052 may be used.  When the difference between the two measured peak values is not greater than 3 %, the assigned scale factor is taken as still valid. If it is greater, then a new value of the assigned scale factor shall be determined in a performance test.  The value of each time parameter shall be within ±10 % of the corresponding value measured by the other measuring system. When any difference is larger than 10 % then the nominal epoch shall be determined in a performance test.  **8.5.2 Check of the scale factors of the components**  The scale factor(s) of each component shall be checked using internal or external calibrators having expanded uncertainties of no more than 1 %. If the scale factors differ from their previous values by not more than ±1 % the assigned scale factor is taken as still valid. If any difference exceeds ±1 % a new value of the assigned scale factor shall be determined.  **8.5.3 Dynamic behaviour check by reference record**  When wanted for use in performance checks, the step response of the measuring system shall be recorded using the method of Annex C. This shall be included in the record of performance for use as a reference record ("fingerprint") to permit detection of changes in the dynamic behaviour at subsequent performance checks.  **9 Measurement of switching impulse voltage**  **9.1 Requirements for an approved measuring system**  **9.1.1 General**  The general requirements are:   * to measure the test voltage value according to IEC 60060-1 (peak value) of switching impulses with an expanded uncertainty UM1 ≤ 3 %.      * to measure the time parameters which define the waveform with an expanded uncertainty UM3 ≤ 10 %.   **9.1.2 Uncertainty contribution**  For a switching impulse voltage measuring system, the expanded uncertainty of measurement UM shall be evaluated with a coverage probability of 95 %; according to 5.10.3, 5.11.3 and – if necessary - Annexes A and B. Tests for assessing contributions to uncertainty which are usually considered are summarized in Table 5. Other contributions can be important in some cases and shall be considered in addition.  **9.1.3 Requirements for the measuring instrument**  The measuring instrument shall comply with IEC 61083-1 and IEC 61083-2.  **9.1.4 Dynamic behaviour**  The dynamic behaviour of a measuring system is adequate when:   * the scale factor is constant within ±1 % over the range of impulse waveforms specified in the record of performance, * the expanded uncertainty of the measured time parameters is not greater than 10 % over the range of waveforms.   **9.1.5 Connection to the test object**  The approved measuring system shall be connected directly to the terminals of the test object. In contrast to measurements of lightning impulse voltage (see 8.1.5), the measuring system may be interposed between the voltage source and the test object. The coupling between the test and measuring circuits should be negligible.    **9.2 Tests on an approved measuring system**  The tests according to Clause 5, summarized in Table 5, are necessary for the qualification of a switching impulse voltage measuring system and its components as well as for the estimation of the expanded uncertainty. For exceptions see 4.4.2  The results of the type and routine tests can be taken from manufacturer's data. Routine tests shall be performed on each unit.  **9.3 Performance test on measuring systems**  **9.3.1 Reference method (preferred)**  The assigned scale factor and the dynamic behaviour of the measuring system shall be determined by comparison with a reference measuring system using the procedure in 5.2. The performance over the nominal epoch tmin to tmax is proven by using impulses with two different waveforms such that:   * tmin is equal to the shortest time-to-peak Tpmin * tmax is equal to the longest time-to-peak Tpmax * both these waveforms should approximately have the longest time to half-value T2max (or time above 90 % or time to zero) for which the measuring system is to be approved.   **9.3.2 Alternative methods supplemented by a step response measurement**  The assigned scale factor is determined by a comparative measurement waveform against a reference measuring system according to 5.2 using full impulses with one time to peak value Tpcal within the range Tpmin to Tpmax and a time to half-value (or time above 90 % or time to zero) approximately equal to the longest time to half-value (or time above 90 % or time to zero) for which the measuring system is to be approved. Alternatively it can be determined from the scale factors of the components (5.2.2).  In addition the step response of the measuring system shall be recorded according to Annex C. The reference level(s) of the reference level epoch(s) for which the measuring system is to be approved shall not differ from the value of the step response at Tpcal by more than ±1 %. The step response shall not change by more than 5 % in the range from Tpmin to T2max (or time above 90 % or time to zero) for which the measuring system is to be approved.  **9.4 Dynamic behaviour test by comparison**  The same records as taken in the test of 9.3.1 can be used and the relevant time parameters of the measured impulses evaluated for each system and the uncertainty of time parameters measured by the system under test shall be evaluated according to 5.4 (Table 5).  NOTE tmin may be chosen from one impulse type and tmax from another, for cases where approval is required for a group of impulse types. In such cases, the longest time to half-value of all the impulse types should be used.  **9.5 Performance check**  **9.5.1 Scale factor check by comparison with an approved measuring system**  A comparison is made with another approved measuring system (or reference measuring system) using the procedure of 5.2. For the comparison of peak values a sphere gap according to IEC 60052 may be used.  When the difference between the two measured peak values is not larger than 3 %, the assigned scale factor is taken as still valid. If it is larger, then a new value of the assigned scale factor shall be determined in a performance test.  The value of each time parameter shall be within ±10 % of the corresponding value measured by the other measuring system. When any difference is larger than 10 % then the nominal epoch shall be determined in a performance test.  **9.5.2 Check of the scale factors of the components**  The scale factor(s) of each component shall be checked using internal or external calibrators having expanded uncertainties of no more than 1 %. If the scale factors differ from their previous values by not more than ±1 % the assigned scale factor is taken as still valid. If any difference exceeds ±1 % a new value of the assigned scale factor shall be determined.  **9.5.3 Dynamic behaviour check by reference record**  When required for use in performance checks, the step response of the measuring system shall be recorded using the method of Annex C. This shall be included in the record of performance for use as a reference record ("fingerprint") to permit detection of changes in the dynamic behaviour at subsequent performance checks. |

**5-р хүснэгт – Таслах, залгах импульсийн хүчдэлийг хэмжих баталгаажуулсан системд шаардагдах туршилтууд**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын төрөл** | **Загварын туршилт** | **Ээлжит туршилт** | **Гүйцэтгэлийн туршилт** | **Гүйцэтгэлийн шалгалт** |
| Тохируулах үеийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр |  |  | 5.2  5.11/9.3 |  |
| Хуваарийн коэффициентыг шалгах |  |  |  | 9.5 |
| Шугаман байдал, 2-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү |  | 5.3 | 5.3 (хийх боломжтой бол) |  |
| Динамик төлөв | 5.4  9.4 |  | 5.4  9.4 | 9.5 |
| Богино хугацааны тогтвортой байдал |  | 5.5 |  |  |
| Урт хугацааны тогтвортой байдал | 5.6 |  | 5.6 ( хийх боломжтой бол) |  |
| Гадаа орчны температурын нөлөө | 5.7 |  |  |  |
| Ойр орчны нөлөө, 3-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  | 5.8 (хийх боломжтой бол) |  |
| Программ хангамжийн нөлөө (IEC 61083-2) | 5.9 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Интерференцийн туршилт |  |  | 5.12 | 5.12 |
| Хуурай нөхцөлийн тэсвэрлэх туршилт | 5.13 | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |
| Нойтон нөхцөлийн эсвэл бохирдлын тэсвэрлэх туршилт | 5.13 (хийх боломжтой бол) |  |  |  |
| Хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Кабелиас бусад дамжуулах системийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Хэмжих хэрэгслийн хуваарийн коэффициент/ хугацааны параметр | 5.2.2  IEC 61083 | 5.2.2  IEC 61083 |  |  |
| Үүрэг хариуцлага | бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үйлдвэрлэгч хийнэ | | системд хэрэглэгч хийнэ, 1-Р ТАЙЛБАРЫГ үзнэ үү | |
| Давталтын зөвлөсөн тоо | зөвхөн нэг удаа (загварын болон ээлжит туршилт) | | жил бүр гэж төлөвлөдг ч наад зах нь 5 жил тутамд | тогтвортой байдалд зааснаар хийх ч наад зах нь жил бүр |
| 1-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв гүйцэтгэлийн туршилтыг өөр аргын дагуу хийсэн бол дээр бичсэн туршилтуудыг нэг бүрэлдэхүүн хэсэгт мөн хийхийг шаардана (5.2.2-ыг үзнэ үү). Баталгаажуулсан хэмжлийн системийн хэмжлийн эргэлзээг олохын тулд туршилт хийсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг B хавсралтад үзүүлсэн шиг нэгтгэсэн байвал зохино.  2-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв тохируулгыг хэмжлийн бүрэн хүрээн дэх харьцуулалтаар хийх боломжгүй бол зөвхөн 5.3-т заасан шугаман хамаарлын туршилтыг шаардана (5.2.1.2).  3-Р ТАЙЛБАР: Хэрэв загварын туршилтын өгөгдөл хангалтгүй бол гүйцэтгэлийн туршилтад ойр орчны нөлөөг шалгах шаардлага гардаг. | | | | |

**Table 5 –** **Tests required for a switching impulse voltage measuring system**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type of test** | **Type test** | **Routine test** | **Performance test** | **Performance check** |
| Scale factor/ time parameters at the calibration |  |  | 5.2  5.11/9.3 |  |
| Scale factor check |  |  |  | 9.5 |
| Linearity, see NOTE 2 |  | 5.3 | 5.3  (if applicable) |  |
| Dynamic behaviour | 5.4  9.4 |  | 5.4  9.4 |  |
| Short-term stability |  | 5.5 |  |  |
| Long-term stability | 5.6 |  | 5.6  (if applicable) |  |
| Ambient temperature effect | 5.7 |  |  |  |
| Proximity effect, see NOTE 3 | 5.8  (if applicable) |  | 5.8  (if applicable) |  |
| Software effect (IEC 61083-2) | 5.9  (if applicable) |  |  |  |
| Interference test |  |  | 5.12 | 5.12 |
| Dry withstand test on converting device | 5.13 | 5.13  (if applicable) |  |  |
| Wet or polluted withstand test on converting device | 5.13  (if applicable) |  |  |  |
| Scale factor / time parameters of converting device | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor/ time parameters of transmission system other than a cable | 5.2.2 | 5.2.2 |  |  |
| Scale factor/ time parameters of measuring instrument | 5.2.2  IEC 61083 | 5.2.2  IEC 61083 |  |  |
| Responsibility | on components, by manufacturer | | on the system by user, see NOTE 1 | |
| Recommended repetition rate | only once (type and routine test) | | proposed annually, but at least every 5 years | according to stability, but at least annually |
| NOTE 1 The above listed tests should also be applied to single components if performance tests are made according to the alternative method (see 5.2.2). To obtain the uncertainty of measurement of the approved measuring system those of the components should be combined as demonstrated in Annex B.  NOTE 2 A linearity test according to 5.3 is only required if the calibration cannot be performed by comparison over the full assigned measurement range (5.2.1.2).  NOTE 3 Proximity effects can be caused by corona and related space charge effects. Investigation of the proximity effect in the performance test is only necessary if the type test data are not sufficient. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **10 Жишиг хэмжлийн систем**  **10.1 Жишиг хэмжлийн системд тавих шаардлага**  **10.1.1 Тогтмол хүчдэл**  Хэрэглээний хүрээнд нь жишиг хэмжлийн системд тогтмол хүчдэлийн хэмжлийг 1%-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM эргэлзээтэй хийх боломжтой байх шаардлагатай. Лугшилтын коэффициент нь эргэлзээнд 3% хүртэл нөлөөлөхгүй байвал зохино.  **10.1.2 Хувьсах хүчдэл**  Хэрэглээний хүрээнд нь жишиг хэмжлийн системд хувьсах хүчдэлийн хэмжлийг 1%-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM эргэлзээтэй хийх боломжтой байх хэрэгтэй.  **10.1.3 Аянгын болон таслах залгах бүтэн ба хэрчигдсэн импульсийн хүчдэл**  Хэрэглээний хүрээнд нь жишиг хэмжлийн системд бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсийн оргил утгад зориулсан 1%-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM1 эргэлзээ, урд хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульсийн оргил утгад зориулсан 3%-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM2 эргэлзээ болон хугацааны параметрүүдэд зориулсан 5%-аас бага буюу тэнцүү өргөтгөсөн UM3 эргэлзээтэй бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн импульсийн хүчдэлийн хэмжлийг хийх боломжтой байх шаардлагатай.  ТАЙЛБАР: Хэлбэлзэл болон/эсвэл хэтэрсэн хэмжээг хангалттай тэмдэглэсэн байх хэрэгтэй (8.1.4-тэй харьцуулна уу).  **10.2 Жишиг хэмжлийн системийг тохируулах**  **10.2.1 Ерөнхий зүйл**  Жишиг хэмжлийн систем 10.1-д заасан холбогдох шаардлуудад нийцэхийг 10.2.2-т бичсэн туршилтаар харуулсан байх хэрэгтэй. Өөр нэг сонголт нь 10.2.3-т бичсэн туршилтыг хийж болно.  **10.2.2 Жишиг арга: Харьцуулах хэмжил**  Ямар нэгэн жишиг хэмжлийн систем нь шаардлага хангасан гүйцэтгэлтэй гэдгийг туршилтад хамаарах хүчдэлтэй үед Үндэсний Хэмжил зүйн байгууллагын стандартуудад нийцдэг, эргэлзээ багатай жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулсан хэмжлийн тохируулгаар харуулах хэрэгтэй.  Импульсийн хүчдэлийн тохиолдолд нэрлэсэн үеийн хүрээг хамарсан хоёр эсвэл түүнээс олон импульсийн өсөх хугацаатай долгионы хэлбэрийг хэрэглэх шаардлагатай.  ТАЙЛБАР: Эргэлзээ багатай жишиг хэмжлийн системд тавих шаардлага нь хүчдэлийн хэмжилд зориулсан өргөтгөсөн UM эргэлзээ 0,5%-аас бага буюу тэнцүү, импульсийн хүчдэлийн хувьд хугацааны параметрийн хэмжилд зориулсан өргөтгөсөн UM3 эргэлзээ 3%-аас бага буюу тэнцүү байвал зохино.  **10.2.3 Импульсийн хүчдэлд зориулсан хоёр дахь арга: Хуваарийн коэффициентыг хэмжих, алхмын хариуны параметрийг үнэлэх**  Жишээ нь, туршилтад хамаарах хүчдэлтэй үед, илүү өндөр ангиллын жишиг хэмжлийн системийн аргаар ямар нэгэн жишиг хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициентыг импульсийн хүчдэлийн нэг хэлбэрт зориулан тогтоох хэрэгтэй. Түүнчлэн C хавсралтын дагуу үнэлсэн алхмын хариуны параметрүүд нь 6-р хүснэгтэд бичсэн зөвлөгөөнд тохирвол зохино. Баталгаажуулах шаардлагатай жишиг хэмжлийн системд зориулсан жишиг түвшний үе(үүд)ийн жишиг түвшин(үүд) нь хэрэглэсэн импульсийн хүчдэлийн хамаарах параметрийн хугацаан дахь алхмын хариуны утгаас ±0,5%-аас ихээр зөрж болохгүй.  **10.3 Жишиг хэмжлийн системийн дараалсан тохируулгуудын хоорондын интервал**  Тохируулгуудын хоорондын интервалыг үндэсний дүрэм журмын дагуу тодорхойлох хэрэгтэй. Хэрэв дүрэм журам байхгүй бол жишиг хэмжлийн системийн тогтвортой байдлыг байнгын гүйцэтгэлийн шалгалтаар харуулах нөхцөлд тохируулгуудыг таван жил тутамд наад зах нь нэг удаа давтахыг зөвлөдөг.  **10.4 Жишиг хэмжлийн системийг хэрэглэх**  Жишиг хэмжлийн системийг зөвхөн харьцуулах хэмжилд зориулан гүйцэтгэлийн туршилтуудад хэрэглэх шаардлагатай гэж зөвлөдөг. Гэхдээ ийм хэрэглээ нь системийн гүйцэтгэлд нөлөөлөхгүйг харуулсан бол өдөр бүрийн ээлжит хэмжлийг багтаасан өөр хэмжлүүдэд жишиг хэмжлийн системийг хэрэглэх боломжтой (энэ стандартад тодорхойлсон гүйцэтгэлийн шалгалтууд нь гүйцэтгэлийг шалгахад хангалттай). Түүнээс гадна ОУЦТК-ын холбогдох стандартын шаардлагыг хангасан адилхан хэмжих хэрэгслээр системийг орлуулахыг хүлээн зөвшөөрөх хэрэгтэй. | **10 Reference measuring systems**  **10.1 Requirements for reference measuring systems**  **10.1.1 Direct voltage**  The reference measuring system shall enable direct voltage measurement with an expanded uncertainty UM ≤ 1 % in its range of use. The uncertainty shall not be influenced by a ripple factor up to 3 %.  **10.1.2 Alternating voltage**  The reference measuring system shall enable alternating voltage measurement with an expanded uncertainty UM ≤ 1 % in its range of use.  **10.1.3 Full and chopped lightning and switching impulse voltages**  The reference measuring system shall enable full and tail-chopped impulse voltage measurement with an expanded uncertainty UM1 ≤ 1 % for the peak values of full and tailchopped impulses, UM2 ≤ 3 % for the peak of front-chopped lighting impulses and UM3 ≤ 5 % for the time parameters in its range of use.  NOTE Oscillations and/or overshoot should be recorded adequately (compare with 8.1.4).  **10.2 Calibration of a reference measuring system**  **10.2.1 General**  The compliance of a reference measuring system with the relevant requirements given in 10.1 shall be shown by the test of 10.2.2. Alternatively the test of 10.2.3 may be used.  **10.2.2 Reference method: Comparative measurement**  The satisfactory performance of a reference measuring system shall be shown by calibration by comparison measurements at the relevant test voltage against a low-uncertainty reference measuring system, which is itself traceable to the standards of a National Metrological Institute.  In case of impulse voltages, waveforms of two or more different front times covering the range of the nominal epoch shall be applied.  NOTE The requirements for a low-uncertainty reference measuring system should be expanded uncertainties UM ≤ 0,5 % for voltage measurement and - for impulse voltages only - UM3 ≤ 3 % for time parameter measurement.  **10.2.3 Alternative method for impulse voltages: Measurement of scale factor and evaluation of step response parameters**  The scale factor of a reference measuring system shall be established for one impulse voltage shape e.g. by means of a higher class reference measuring system at the relevant test voltage. Additionally step response parameters evaluated according to Annex C shall satisfy the recommendations of Table 6. Additionally the reference level(s) of the reference level epoch(s) for which the reference measuring system is to be approved shall not differ from the value of the step response at the time of the relevant parameter of the used impulse voltage by more than ±0,5 %.  **10.3 Interval between successive calibrations of reference measuring systems**  The interval between calibrations shall be determined according to national regulations. If there is no regulation it is recommended that the calibrations shall be repeated at least once every five years, provided that regular performance checks demonstrate the stability of the reference measuring system.  **10.4 Use of reference measuring systems**  It is recommended that reference measuring systems should be used only for comparative measurements in performance tests. However, reference measuring systems may be used for other measurements, including routine daily use, if it is shown that such use does not affect their performance (The performance checks specified in this standard are sufficient to verify this). In addition, the substitution of an equivalent measuring instrument, which satisfies the relevant IEC standard, shall be accepted. |

**6-р хүснэгт – Импульсийн хүчдэлийг хэмжих жишиг системд зориулан зөвлөмж болгосон хариуны параметрүүд**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Дараах импульсэд зөвлөмж болгосон хугацаа** | | |
| **Хүчдэл** | **Бүтэн болон сүүл хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульс** | **Урд хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульс** | **Таслах, залгах импульс** |
| Сорилтын хариуны TN хугацаа | 15 нано секундээс бага буюу тэнцүү | 10 нано секундээс бага буюу тэнцүү | - |
| Тогтворжилтын ts хугацаа | 200 нано секундээс бага буюу тэнцүү | 150 нано секундээс бага буюу тэнцүү | 10 нано секундээс бага буюу тэнцүү |
| Хэсэгчилсэн хариуны Tα хугацаа | 30 нано секундээс бага буюу тэнцүү | 20 нано секундээс бага буюу тэнцүү | - |

**Table 6 – Recommended response parameters for impulse voltage reference measuring systems**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Recommendations for** | | |
| **Voltage** | **Full and tailchopped lightning impulses** | **Front-chopped lightning impulses** | **Switching impulses** |
| Experimental response time TN | ≤ 15 ns | ≤ 10 ns | - |
| Settling time ts | ≤ 200 ns | ≤ 150 ns | ≤ 10 ns |
| Partial response time Tα | ≤ 30 ns | ≤ 20 ns | - |

|  |  |
| --- | --- |
| **A хавсралт**  (мэдээллийн)  **Хэмжлийн эргэлзээ**  **A.1 Ерөнхий зүйл**  Өндөр хүчдэлийн хэмжилд хэрэглэхэд ихэнхдээ боломжтой болон бүрэн хангалттай нөхцөлд хэмжлийн эргэлзээг үнэлэх хялбарчилсан горимыг 5-р зүйлд тайлбарласан. Гэхдээ зарим нөхцөлд эргэлзээг илүү хэцүү аргаар үнэлэх шаардлагатай эсвэл тохиромжтой байдаг. Эдгээр нөхцөлд хэрхэн ажиллах талаарх судалгааг A хавсралтад, горимыг хэрэглэсэн гурван жишээг B хавсралтад бичсэн.  Хэмжигдэхүүний хэмжил бүр зарим хэмжээнд хангалтгүй бөгөөд хэмжлийн үр дүн хэмжигдэгчийн “үнэн” утгын зөвхөн ойролцоо утга (“үнэлэлт”) байна. Хэмжлийн эргэлзээ нь хэмжлийн чанарт ойлгомжтой тайлбар болдог. Эргэлзээ нь хэмжлийн үр дүнг жишээлбэл, янз бүрийн лабораторийн үр дүнтэй харьцуулах, үнэлэх боломжийг хэрэглэгчид олгоно. Түүнчлэн энэ нь хэмжлийн үр дүн стандартаар тодорхойлсон хязгаарын хүрээнд байгаа эсэх талаарх мэдээллийг өгнө. Олон Улсын Стандартчиллын Байгууллага (ISO) 1993 онд Хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх зааврыг (GUM) анх нийтэлсэн нь өдгөө олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн, хэмжлийн эргэлзээг үнэлэхэд зориулсан ISO/IEC 98-3: 2008 стандарт юм.  ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжид эргэлзээний янз бүрийн түвшинд, хэмжлийн өргөн хүрээнд эргэлзээг үнэлэх, илэрхийлэхэд зориулсан ерөнхий дүрмүүдийг бэлтгэсэн. Тиймээс өндөр хүчдэлийн хэмжлийн онцлог орчин, нарийвчлал болон конволюцийн түвшнийг авч үзэх тусгай дүрмийн бүрдлийг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжаас түүвэрлэх шаардлага гарч байна. ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн үндсэн зарчмуудад нийцүүлэн хэмжлийн эргэлзээг үнэлгээний аргуудынх нь дагуу хоёр ангилалд хуваадаг. Үнэлгээний хоёр аргыг хэмжилд нөлөөлөх хэмжигдэхүүний магадлалын хуваарилалт, мөн зөрүү эсвэл стандарт хазайлтаар тоон хэмжээг нь тодорхойлсон стандарт эргэлзээнд суурилсан. Энэ нь эргэлзээний хоёр ангиллыг нэг хэлбэрээр боловсруулах, хэмжигдэгчийн нийлмэл стандарт эргэлзээг үнэлэх боломж олгоно. Энэ стандартын хамрах хүрээнд ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлалд нийцсэн өргөтгөсөн эргэлзээг шаардана.  ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн үндсэн зарчмууд болон өндөр хүчдэлийн хэмжилд эргэлзээг хэрхэн тодорхойлох талаар жишээг дараах зүйлүүдэд бичсэн. Энд өгсөн томьёо болон жишээ нь өндөр хүчдэлийн хэмжилд байнга тохиолддог харилцан уялдаагүй оролтын хэмжигдэхүүний хувьд хүчинтэй байна.  **A.2 3-р зүйлд нэмэлт болгох тодорхойлолт**  **A.2.1**  **хэмжих боломжтой хэмжигдэхүүн**  чанартайгаар ялгах болон чанартайгаар тодорхойлж болох үзэгдэл, биет эсвэл бодисын өвөрмөц шинж чанар  **A.2.2**  **хэмжигдэхүүний утга**  тоогоор үржүүлсэн хэмжлийн нэгж шиг ерөнхийдөө илэрхийлэгддэг, тодорхой хэмжигдэхүүний хэмжээ  **A.2.3**  **хэмжигдэгч**  хэмжилд туршсан тусгай хэмжигдэхүүн  **A.2.4**  **зөрүү**  тухайн хувьсах хэмжигдэхүүний магадлалын хугацаан дахь тохиолдлын хувьсах хэмжигдэхүүний хазайлтын квадратын магадлал  **A.2.5**  **харилцан хамаарал (корреляци)**  хоёр эсвэл түүнээс олон тохиолдлын хувьсах хэмжигдэхүүний хуваарилалт доторх хоёр эсвэл түүнээс олон тохиолдлын хувьсах хэмжигдэхүүн хоорондын хамаарал  **A.2.6**  **хамруулах магадлал**  хэмжигдэхүүнд үндэслэлтэй хамаарч болох хэмжлийн үр дүнтэй адилхан утгуудын хуваарилалтын ихэнхдээ их хэмжээтэй хэсэг  **A.3 Загварын функц**  Хэмжил бүрийг функцийн f хамаарлаар тайлбарлаж болно.  Y = f (X1, X2,…, Xi,…,XN) (A.1)  үүнд: Y – хэмжигдэгч, Xi – 1-ээс N хүртэл дугаарласан янз бүрийн оролтын хэмжигдэхүүн байна. ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн агуулгад загварын f функц нь бүх хэмжлийн утга, нөлөөлөх хэмжигдэхүүн, залруулга, залруулах коэффициент, физикийн тогтмолууд болон Y хэмжигдэгчийн утга, энэ утгын эргэлзээнд нэмэгдэж болох аливаа бусад өгөгдлийг хамаарна гэсэн. Энэ нь ганц эсвэл олон төрлийн дүн шинжилгээ эсвэл тооны илэрхийлэл, эсвэл дүн шинжилгээ, тооны илэрхийллийн нэгдэл шиг байж болно. Оролтын Xi хэмжигдэхүүн ерөнхийдөө тохиолдлын хувьсах хэмжигдэхүүн байх бөгөөд магадлалын тодорхой хуваарилалттай xi (”оролтын үнэлэлт”) ажиглалтаар тайлбарлаж, A эсвэл B төрлийн стандарт u(xi) эргэлзээтэй нэгтгэсэн байна. ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн дүрэмд нийцсэн эргэлзээний энэ хоёр төрлийн нэгдэл нь гаралтын *y* үнэлэлтийн стандарт u(y) эргэлзээг үүсгэнэ.  1-Р ТАЙЛБАР: (A.1)-р томьёоны загварын f функц нь оролт болон гаралтын xi ба y үнэлэлтийн тус бүрд мөн хүчинтэй байдаг.  2-Р ТАЙЛБАР: Ажиглалтын цувралд Xi хэмжигдэхүүний ажиглагдсан k’th утгыг xik утгаар тэмдэглэнэ.  **A.4 Стандарт эргэлзээний A төрлийн үнэлгээ**  A төрлийн үнэлгээний аргыг тохиолдлоор өөрчлөгддөг хэмжигдэхүүнүүдэд болон хэмжлийн адилхан нөхцөлд n тооны тусдаа ажиглалтаар авсан хэмжигдэхүүнд зориулан хэрэглэнэ. Ерөнхийдөө n ажиглалтын xik энгийн (Гауссын) магадлалын хуваарилалтыг таамаглаж болно (A.1-р зураг).  1-Р ТАЙЛБАР: Xi хэмжигдэхүүн нь хуваарийн коэффициент, туршилтын хүчдэлийн утга эсвэл xik ажиглалттай хугацааны параметр байж болно.  xik ажиглалтын арифметик дундаж xi утгыг дараах томьёогоор тодорхойлно.  (A.2)  Энэ утгыг Xi оролтын хэмжигдэхүүний хамгийн сайн үнэлэлт гэж үздэг. Энэ үнэлэлтийн A төрлийн стандарт эргэлзээ нь (A.3)-р томьёогоор олох дундаж эргэлзээний туршилтын стандарт хазайлттай тэнцүү байна.  (A.3)  үүнд: s(x) - туршилтын стандарт хазайлт (салангид утгуудын) бөгөөд дараах томьёогоор олно.  (A.4)  s2(xi) болон s2(xi) хазайлтуудын квадрат утгыг сорьц зөрүү болон дунджийн зөрүү гэж тус тус нэрлэнэ. Ажиглалтын n тоо 10-аас их буюу тэнцүү байх хэрэгтэй. Энэ тоо 10-аас бага бол стандарт эргэлзээний A төрлийн үнэлгээний найдвартай байдлыг чөлөөт үр дүнтэй зэргийн аргаар шалгасан байх шаардлагатай (A.8-р Зүйлийг үзнэ үү).  2-Р ТАЙЛБАР: Зарим тохиолдолд sp2 зөрүүний нэгтгэсэн үнэлэлтийг сайн тодорхойлсон нөхцөлд хийсэн өмнөх ажиглалтуудын их тооноос гаргаж болно. Тэгвэл n (n = 1, 2, 3, …) гэсэн цөөн тоотой харьцуулах боломжтой хэмжлийн стандарт эргэлзээг (A.3)-р томьёоноос u (xi) = sp / √n томьёогоор илүү сайн дүгнэдэг.  **A.5** **Стандарт эргэлзээний B төрлийн үнэлгээ**  B төрлийн үнэлгээний аргыг ажиглалтын цувралын статик дүн шинжилгээнээс бусад бүх тохиолдолд хэрэглэнэ. B төрлийн стандарт эргэлзээг xi ажиглалттай оролтын Xi хэмжигдэхүүний боломжит хувьсах чанарт бүх боломжит мэдээлэлд үндэслэсэн шинжлэн ухааны дараах үнэлэмжээр үнэлдэг. Үүнд:   * үнэлэх хэмжигдэхүүний арга, * хэмжлийн систем болон бүрэлдэхүүн хэсгүүдийнх нь тохируулгын эргэлзээ, * хуваагуур болон хэмжих хэрэгслийн шугаман бус байдал, * динамик төлөв, жишээ нь, давтамж эсвэл импульсийн хэлбэртэй хуваарийн коэффициентын өөрчлөлт, * богино хугацааны тогтвортой байдал, өөрөө халах, * урт хугацааны тогтвортой байдал, удаан шилжилт, * хэмжлийн явц дахь гадаа орчны нөхцөл, * зэргэлдээ байгаа биетүүдийн ойр орчны нөлөө, * хэмжих хэрэгсэл эсвэл үр дүнгийн үнэлгээнд хэрэглэсэн программ хангамжаас шалтгаалсан нөлөө, * аналог хэмжих хэрэгслийн заалт, тоон хэмжих хэрэгслийн хязгаартай нарийвчлал орно.   Оролтын хэмжигдэхүүн болон эргэлзээний тухай мэдээллийг одоогийн болон өмнөх хэмжлүүд, тохируулгын гэрчилгээ, гарын авлага болон стандартад байгаа өгөгдөл, үйлдвэрлэгчийн техникийн нөхцөл эсвэл хамаарах материал эсвэл хэмжих хэрэгслийн тодорхойломжийн мэдээллээс авах боломжтой. Эргэлзээний B төрлийн үнэлгээний дараах тохиолдлыг тодорхойлж болно.  a) Ихэнхдээ зөвхөн оролтын xi ганц утга, тухайн утгын стандарт эргэлзээ u(xi) мэдэгдэнэ, жишээ нь хэмжсэн ганц утга, залруулах утга эсвэл мэргэжлийн жишиг утга байж болно. Энэ утга, тухайн утгын эргэлзээг загварын функцийн (A.1)-р томьёонд хэрэглэнэ. Эргэлзээ u(xi) мэдэгдэхгүй тохиолдолд хамаарах бусад эргэлзээний өгөгдлөөс тооцоолох эсвэл туршлагын үндэслэлээр дүгнэсэн байх хэрэгтэй.  b) Төхөөрөмжийн эргэлзээг k хамруулах коэффициентоор үржүүлсэн стандарт эргэлзээгээр тогтоодог. Жишээ нь, тохируулгын гэрчилгээнд байх тоон заалттай вольтметрийн өргөтгөсөн стандарт U эргэлзээ болно (A.7-р Зүйл). Комплекс хэмжлийн системд вольтметрийг хэрэглэх үед эргэлзээнд нэмэх вольтметрийн эргэлзээг дараах томьёогоор олно.  u(xi) = U / k (A.5)  үүнд: k - хамруулах коэффициент байна. Өргөтгөсөн эргэлзээ болон хамруулах коэффициентоор илэрхийлэхийн оронд итгэлтэй байдлын түвшний тухай жишээ нь, 68,3 %, 95,45 % эсвэл 99,7 % г.м үндэслэлийг олж болох юм. A.1-р зургийн дагуу энгийн хуваарилалтыг ерөнхийдөө таамаглаж болох бөгөөд итгэлтэй байдлын түвшний тухай үндэслэл нь k = 1, 2 эсвэл 3 гэсэн хамруулах коэффициенттой тус тус эквивалент байна.  c) Оролтын Xi хэмжигдэхүүний xi утгыг тодорхой магадлалын p(xi) хуваарилалттай a- -аас a+ хүртэл интервалд байхаар дүгнэдэг. Тодорхой магадлалын p(xi) хуваарилалтын тухай тодорхой мэдээлэл ихэнхдээ байхгүй учир боломжит утгуудын тэгш өнцөгт хуваарилалтыг таамагладаг (A.2-р зураг). Тэгвэл оролтын Xi хэмжигдэхүүний таамагласан утга нь интервалын xi дундын цэг болно.  (A.6)  Нийлмэл стандарт эргэлзээг дараах томьёогоор олно.  (A.7)  үүнд: a = (a+ - a-)/2.  Зарим тохиолдолд трапец, гурвалжин эсвэл энгийн хуваарилалт зэрэг бусад магадлалын хуваарилалт илүү тохиромжтой байж болно.  1-Р ТАЙЛБАР: Стандарт эргэлзээ нь гурвалжин хуваарилалтын хувьд u(xi)= a/√6, энгийн хуваарилалтын хувьд u(xi) = σ байна. Энэ нь тэгш өнцөгт хуваарилалт бусад хуваарилалтаас илүү их стандарт эргэлзээг үүсгэнэ гэсэн үг юм.  Хэрэв A төрлийн эргэлзээнд тодорхой үр нөлөө хэдийнэ нэмэгдсэн бол B төрлийн эргэлзээг хоёр удаа тооцохгүй гэж ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжид заасан. Түүнээс гадна эргэлзээний үнэлгээ бодит бөгөөд стандарт эргэлзээнд суурилсан, мөн ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн дагуу үнэлсэн эргэлзээнээс илүү их эргэлзээг үүсгэхэд зориулан хувь хүний эсвэл найдвартай ажиллагааны бусад аливаа коэффициентыг хэрэглэхээс зайлсхийсэн байх шаардлагатай. Жишээ нь температур эсвэл хүчдэлийн хамаарлын үндэслэлээр мэдэгдэхүйц хэмжээний системийн үр нөлөөг арилгахын тулд оролтын Xi хэмжигдэхүүнийг ихэнхдээ тохируулах эсвэл залруулах хэрэгтэй. Гэхдээ энэ залруулгатай холбоотой u(xi) эргэлзээг анхаарах шаардлагатай.  2-Р ТАЙЛБАР: Давталтын импульсийн хэмжилд тоон системт бичигчийг хэрэглэх үед жишээ нь, хуваарийн коэффициентийг тохируулах явцад эргэлзээний нэмрийг хоёр удаа тооцох тохиолдол гарч болно. A төрлийн стандарт эргэлзээг үүсгэж байгаа n хэмжлийн утгуудын сарнилт нь бичигчийн хязгаарлагдмал нарийвчлал, дотор талын шуугианы улмаас хэсэгчлэн үүсэх боломжтой. Нарийвчлалыг B төрлийн эргэлзээний үлдэгдэлтэй адил зөвхөн бага хэсэгт анхаарч үзэхээс бусдаар бүхэлд нь дахин авч үзэх шаардлага байхгүй. Гэхдээ хэмжлийн ганц утгыг авахын тулд импульсийн хүчдэлийн туршилтын үед тоон системт бичигчийг дараа нь хэрэглэх бол хязгаарлагдмал нарийвчлалыг анхаарах хэрэгтэй.  3-Р ТАЙЛБАР: B төрлийн эргэлзээний үнэлгээнд өргөн хүрээтэй мэдлэг, физикийн харилцан уялдааны холбогдох туршлага, нөлөөлөх хэмжигдэхүүн болон хэмжлийн арга барил шаардагдана. Үнэлгээ нь ганц шийдэлд хүргэх тодорхой шинжлэх ухаан биш бөгөөд туршилт хийх туршлагатай инженерүүд хэмжлийн процессын тухай янз бүрээр шийдэх, B төрлийн эргэлзээний өөр утгуудыг гаргах нь нийтлэг байдаг.  **A.6 Нийлмэл стандарт эргэлзээ**  A эсвэл B төрлийн аргаар үнэлсэн оролтын Xi хэмжигдэхүүн бүрийн xi үнэлэлтийн стандарт u(xi) эргэлзээ бүр нь гаралтын хэмжигдэхүүнийн стандарт эргэлзээнд дараах байдлаар нэмэгдэнэ.  ui(y)=ciu(xi) (A.8)  үүнд: ci – мэдрэмжийн коэффициент байна. Энэ коэффициент нь гаралтын y үнэлэлтэд оролтын xi үнэлэлтийн багахан өөрчлөлт хэрхэн нөлөөлөхийг тайлбарладаг бөгөөд загварын f функцийн хэсэгчилсэн уламжлал шиг дараах томьёогоор шууд үнэлж болно.  (A.9)  Эсвэл энэ коэффициентыг эквивалент тооны болон туршилтын арга хэрэглэн үнэлдэг. Мэдрэмжийн ci коэффициентын тэмдэг эерэг эсвэл сөрөг байх боломжтой. Оролтын утгууд харилцан уялдаагүй нөхцөлд коэффициентын тэмдгийг анхаарах шаардлагагүй, учир нь стандарт эргэлзээний зөвхөн квадрат утгыг дараагийн алхмуудад хэрэглэдэг.  (A.8)-р томьёогоор тодорхойлсон ui(y) стандарт N эргэлзээ нь гаралтын хэмжигдэхүүний нийлмэл стандарт uc(y) эргэлзээнд “эргэлзээний тархацын хууль”-ийн дагуу нэмэгдэнэ.    (A.10)  Энэ томьёоноос uc(y) эргэлзээг эерэг квадрат язгууртай адил үнэлдэг.    (A.11)  Хэрэв гаралтын Y хэмжигдэхүүн оролтын Xi хэмжигдэхүүний үржвэр эсвэл ноогдвор бол (A.10) болон (A.11)-р томьёонд харуулсан энгийн харьцааг uc(y)/|y| болон u(xi)/|xi| гэсэн харьцангуй эргэлзээнд зориулан гаргах боломжтой. Тиймээс харилцан уялдаагүй оролтын хэмжигдэхүүнүүдэд зориулсан загварын функцийн хоёр төрөлд эргэлзээний тархацын хуулийг хэрэглэдэг.  ТАЙЛБАР: Харилцан хамааралтай нөхцөлд шугаман илэрхийллийг эргэлзээний тархацын хуулиар харуулах бөгөөд мэдрэмжийн коэффициентын тэмдэг хамааралтай болно. Жишээ нь, хоёр эсвэл түүнээс олон оролтын хэмжигдэхүүнийг хэмжихэд хэмжлийн адилхан хэрэгсэл ашигласан үед харилцан хамаарал үүсдэг. Хэцүү тооцооллоос зайлсхийхийн тулд тохиромжтой залруулга, эргэлзээтэй загварын f функцид оролтын нэмэлт хэмжигдэхүүнийг нэмэх замаар харилцан хамаарлыг хасах боломжтой. Зарим тохиолдолд харилцан хамааралгүй оролтын хэмжигдэхүүнүүд байх нь нийлмэл эргэлзээг бууруулж болно. Тиймээс харилцан хамаарлыг анхаарч үзэх нь эргэлзээг маш нарийвчлалтай үнэлэхэд хүргэх эргэлзээний хамгийн сүүлийн үеийн дүн шинжилгээнд гол төлөв чухал байдаг. Энэ стандартад цаашдаа харилцан хамаарлын талаар авч үзэхгүй болно.  **A.7 Өргөтгөсөн эргэлзээ**  Өндөр хүчдэл болон их гүйдлийн хэмжлийн талбайд ойролцоогоор 95%-тай тэнцүү хамруулах p магадлалд нийцэх эргэлзээний тайлбарыг аж бусад үйлдвэрийн хэрэглээнд хамгийн ихээр шаарддаг. Энэ тайлбарыг (A.11) томьёоны нийлмэл стандарт uc(y) эргэлзээг хамруулах k коэффициентоор үржүүлэх аргаар тодорхойлно.  U=kuc(y) (A.12)  үүнд: U – өргөтгөсөн эргэлзээ болно. Жишээ нь, uc(y) эргэлзээний чөлөөт үр дүнтэй зэрэг хангалттай их байх, хүрэлцэхүйц найдвартай байдалтай y болон uc(y) эргэлзээнд энгийн хуваарилалт хамаарах тохиолдлуудад 2-той тэнцүү хамруулах k коэффициентыг хэрэглэдэг (A.8-р Зүйлийг үзнэ үү). Өөр нөхцөлд 95%-тай тэнцүү хамруулах p магадлалыг тодорхойлохын тулд хамруулах k коэффициент 2-оос их утгатай байх хэрэгтэй.  1-Р ТАЙЛБАР: Хуучны зарим стандартад “нийт эргэлзээ” гэсэн нэр томьёог хэрэглэсэн. Энэ нэр томьёоны ихэнх тохиолдолд 2-той тэнцүү хамруулах k коэффициенттой өргөтгөсөн U эргэлзээг тайлбарласан.  2-Р ТАЙЛБАР: Эргэлзээг эерэг тоогоор тодорхойлдог учир U эргэлзээний тэмдэг ямагт эерэг байна. Гэхдээ эргэлзээний интервалын утгад U эргэлзээг хэрэглэсэн нөхцөлд ±U гэхийн оронд k гэж тэмдэглэнэ.  **A.8 Чөлөөт үр дүнтэй зэрэг**  Харьцуулах боломжтой утгын хэд хэдэн эргэлзээний (жишээ нь, N ≥ 3) бүрэлдэхүүн хэсгүүд, мөн сайн тодорхойлсон магадлалын хуваарилалт (Гауссын, тэгш өнцөгт зэрэг) нь нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдсэн, A төрлийн эргэлзээг n 10-аас их буюу тэнцүү ажиглалтад суурилсан нөхцөлд өргөтгөсөн эргэлзээний энгийн хуваарилалтын таамаглал биелэгдэнэ. Хүчдэлийн хэмжлийн системийн олон тохируулгад эдгээр нөхцөл биелэгддэг. Энгийн хуваарилалтын таамаглал үндэслэлгүй үед ойролцоогоор 95 %-ийн хамруулах магадлалыг тодорхойлохын тулд 2-оос их хамруулах k коэффициентын утгыг үнэлэх шаардлагатай. Тохиромжтой хамруулах коэффициентыг стандарт uc(y) эргэлзээний чөлөөт νeff зэргийн үндэслэлээр үнэлэх боломжтой.  (A.13)  үүнд: ui(y) - i = 1, 2, …, N тоонд зориулан (A.8)-р томьёогоор өгсөн стандарт эргэлзээ, νi – нийцэх чөлөөт зэрэг болно. Нийцэх чөлөөт νi зэргийн үнэн зөв утгыг дараах байдлаар олно. Үүнд:  - n тооны тусдаа ажиглалтад үндэслэсэн A төрлийн эргэлзээний хувьд νi = n – 1,  - B төрлийн эргэлзээг тохируулгын гэрчилгээнээс авсан, мөн хамруулах магадлалыг 95%-аас багагүй гэж тэмдэглэсэн үед νi ≥ 50,  - a- болон a+ хязгаарт тэгш өнцөгт хуваарилттай гэж таамагласан B төрлийн эргэлзээний хувьд νi = ∞ байна.  Чөлөөт үр дүнтэй зэргийг (A.13)-р томьёогоор тооцоолох боломжтой болох бөгөөд 95,45%-тай тэнцүү хамруулах p магадлалд зориулан үнэлсэн t-түгээлтэд үндэслэсэн A.1-р хүснэгтээс хамруулах коэффициентыг авч болно. Хэрэв чөлөөт νeff зэрэг нь бүхэл тоо биш бол νeff зэргийг дараагийн бага бүхэл тоонд засварлах эсвэл товчилно. | **Annex A**  (informative)  **Uncertainty of measurement**  **A.1 General**  Clause 5 describes a simplified procedure to evaluate the uncertainty of measurement under conditions usually applicable and fully sufficient in high-voltage measurement. In some cases it may, however, be necessary or desirable to evaluate uncertainties in a more complex manner. Annex A gives a survey on how to proceed in these cases, and Annex B describes three application examples.  Each measurement of a quantity is to some degree imperfect, and the result of a measurement is only an approximation (“estimate”) of the “true” value of the measurand. The uncertainty of measurement makes a clear statement on the quality of a measurement. It enables the user to compare and weight the measurement results, e.g. obtained from different laboratories, and it provides information as to whether or not a measurement result is within the limits specified by a standard. A Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (GUM) originally published in 1993 by the International Organization for Standardization (ISO) now exists as ISO/IEC 98-3: 2008 is the internationally accepted standard for the estimation of measurement uncertainty.  ISO/IEC Guide 98-3 as a guide provides general rules for evaluating and expressing uncertainty in a broad spectrum of measurements at various levels of uncertainty. It is therefore necessary to extract from the ISO/IEC Guide 98-3 a set of specific rules that deals with the specific field of high-voltage measurement and its level of accuracy and complexity. Corresponding to the basic principles of the ISO/IEC Guide 98-3, uncertainties are grouped into two categories according to their methods of evaluation. Both methods are based on probability distributions of the quantities influencing the measurement and on standard uncertainties quantified by variances or standard deviations. This allows a uniform treatment of both categories of uncertainties and an evaluation of a combined standard uncertainty of the measurand. Within the scope of this standard, an expanded uncertainty corresponding to a coverage probability of approximately 95 % is required.  The basic principles of the ISO.IEC Guide 98-3 and examples of how to determine uncertainties in high voltage measurements are presented in the following clauses. The equations and examples given here are valid for uncorrelated input quantities, which is often the case in high-voltage measurements.  **A.2 Definitions in addition to Clause 3**  **A.2.1**  **measurable quantity**  attribute of a phenomenon, body or substance that may be distinguished qualitatively and determined quantitatively  **A.2.2**  **value of a quantity**  magnitude of a particular quantity generally expressed as unit of measurement multiplied by a number **A.2.3**  **measurand**  specific quantity subjected to measurement  **A.2.4**  **variance**  expectation of the square of the deviation of a random variable in terms of its expectation  **A.2.5**  **correlation**  relationship between two or several random variables within a distribution of two or more random variables  **A.2.6**  **coverage probability**  fraction, usually large, of the distribution of values that as a result of a measurement could reasonably be attributed to the measurand  **A.3 Model function**  Each measurement can be described by a functional relationship f:  Y= f (X1,X2,…,Xi,…, XN) (A.1)  where Y is the measurand and Xi are the different input quantities numbered from 1 to N. In the meaning of the ISO/IEC GUIDE 98-3 the model function f comprises all measurement values, influencing quantities, corrections, correction factors, physical constants, and any other data that can contribute a significant amount to the value of Y and its uncertainty. It may exist as a single or manifold analytical or numerical expression, or a combination of both. In general the input quantities Xi are random variables and described by observations xi (”input estimates”) having specific probability distributions and being associated with standard uncertainties u(xi) of Type A or Type B. The combination of both types of uncertainty according to the rules of the ISO/IEC GUIDE 98-3 yields the standard uncertainty u(y) of the output estimate y.  NOTE 1 The model function f in Equation (A.1) is also valid for the input and output estimates xi and y, respectively.  NOTE 2 In a series of observations, the k’th observed value of the quantity Xi is denoted xik.  **A.4 Type A evaluation of standard uncertainty**  The evaluation method of Type A is applied to quantities that vary randomly and for which n independent observations have been obtained under the same conditions of measurement. In general, a normal (Gaussian) probability distribution of the n observations xik can be assumed (Figure A.1).  NOTE 1 Xi might be a scale factor, a test voltage value or a time parameter with the observations xik.  The arithmetic mean value xi of the observations xik is defined by  (A.2)  which is considered to be the best estimate of Xi. Its Type A standard uncertainty is equal to the experimental standard deviation of the mean:  (A.3)  where s(x) is the experimental standard deviation (of the individual values):  (A.4)  The quadratic values of s2(xi) and s2(xi) are called sample variances and variances of the mean, respectively. The number of observations should be n ≥ 10, otherwise the reliability of a Type A evaluation of standard uncertainty has to be checked by means of the effective degrees of freedom (see Clause A.8).  NOTE 2 In some cases a pooled estimate of variance sp2 may be available from a large number of previous observations under well-defined conditions. Then the standard uncertainty of a comparable measurement with a small number n (n = 1, 2, 3, …) is better estimated by  u (xi) = sp / √n than by Equation (A.3).  **A.5 Type B evaluation of standard uncertainty**  The evaluation method of Type B applies to all cases other than the statistical analysis of a series of observations. The standard uncertainty of Type B is evaluated by scientific judgment based on all available information on the possible variability of an input quantity Xi with observations xi, such as:   * method of evaluating quantities, * uncertainty of calibration of the measuring system and its components, * non-linearity of dividers and measuring instruments, * dynamic behavior, e. g. scale factor variation with frequency or impulse shape, * short-term stability, self-heating, * long-term stability, drift, * ambient conditions during measurement, * proximity effect of nearby objects, * effects caused by software used in instruments or in evaluation of results, * limited resolution of digital instruments, reading of analogue instruments,   Information on input quantities and uncertainties can be obtained from actual and previous measurements, calibration certificates, data in handbooks and standards, manufacturer’s specifications or knowledge of the characteristics of relevant materials or instruments. The following cases of a Type B evaluation of uncertainties can be identified:  a) Often only a single input value xi and its standard uncertainty u(xi) is known, e.g. a single measured value, a correction value or a reference value from literature. This value and its uncertainty will be adopted in the model function Equation (A.1). In case u(xi) is unknown, it shall be calculated from other relevant uncertainty data or be estimated on the basis of experience.  b) The uncertainty of a device is quoted as a standard uncertainty multiplied by the coverage factor k, e.g. the expanded standard uncertainty U of a digital voltmeter in a calibration certificate (Clause A.7). When the voltmeter is used in a complex measuring system it contributes to uncertainty by:  u(xi) = U / k (A.5)  where k is the coverage factor. Instead of expressing the expanded uncertainty and coverage factor, one may find a statement on the confidence level, e.g. 68,3 %, 95,45 % or 99,7 %. In general, a normal distribution according to Figure A.1 can be assumed and the statement on the confidence level is equivalent to the coverage factor k = 1, 2 or 3, respectively.  c) The value xi of an input quantity Xi is estimated to lie within the interval a- to a+ with a certain probability distribution p(xi). Often there is no specific knowledge of p(xi) and a rectangular distribution of the probable values is then assumed (Figure A.2). Then the expected value of Xi is the midpoint xi of the interval:  (A.6)  and the associated standard uncertainty:  (A.7)  where a = (a+ - a-)/2.  In some cases other probability distributions may be more appropriate, such as trapezoidal, triangular or normal distributions.  NOTE 1 The standard uncertainty is u(xi)= a/√6 for the triangular distribution and u(xi) = σ for the normal distribution. This means that the rectangular distribution yields a larger standard uncertainty than the other distributions.  The ISO/IEC Guide 98-3 states that a Type B uncertainty should not be double-counted if the particular effect has already contributed to a Type A uncertainty. Furthermore, the evaluation of uncertainty should be realistic and based on standard uncertainties, avoiding the use of personal or any other factors of safety to obtain larger uncertainties than those evaluated according to the ISO/IEC GUIDE 98-3. Often an input quantity Xi has to be adjusted or corrected to eliminate systematic effects of significant magnitude, e.g. on the basis of a temperature or voltage dependence. However, the uncertainty u(xi) associated with this correction shall still be taken into account.  NOTE 2 Double-counting of uncertainty contributions may occur when a digital recorder is used for repetitive impulse measurements, e.g. when calibrating the scale factor. The dispersion of the n measurement values producing a Type A standard uncertainty may be partially caused by a limited resolution of the recorder and its internal noise. The resolution does not need to be considered again, in full, but rather only in a small portion as a residual Type B uncertainty. However, if the digital recorder is then used during an impulse voltage test to obtain a single measurement value, the limited resolution needs to be considered in a Type B uncertainty.  NOTE 3 The evaluation of Type B uncertainties requires extensive knowledge and experience of the relevant physical relationships, influence quantities and measurement techniques. As the evaluation itself is not an exact science leading to one single solution, it is not uncommon that experienced test engineers may judge the measurement process in a different manner and obtain different Type B uncertainty values.  **A.6 Combined standard uncertainty**  Each standard uncertainty u(xi) of the estimate xi each input quantity Xi evaluated by method Type A or Type B contributes to the standard uncertainty of the output quantity by:  ui(y)=ciu(xi) (A.8)  where ci is the sensitivity coefficient. It describes how the output estimate y is influenced by small variations of the input estimate xi. It can be evaluated directly as the partial derivative of the model function f:  (A.9)  or by using equivalent numerical and experimental methods. The sign of ci may be positive or negative. In cases where input quantities are uncorrelated, the sign need not be considered further since only the quadratic value of standard uncertainties is used in the next steps.    The N standard uncertainties ui(y) defined by Equation (A.8) contribute to a combined standard uncertainty uc(y) of the output quantity according to the “law of propagation of uncertainty”:    (A.10)  from which uc(y) is evaluated as the positive square root:    (A.11)  If the output quantity Y is a product or quotient of the input quantities Xi a similar relationship as shown in Equations (A.10) and (A.11) can be obtained for the relative uncertainties uc(y)/|y| and u(xi)/|xi|. The law of propagation of uncertainty thus applies to both types of the model function for uncorrelated input quantities.  NOTE In a case where correlation exists, linear terms will be present in the law of propagation of uncertainty, and the sign of the sensitivity coefficients becomes relevant. Correlation occurs when, for example, the same instrument is used for measuring two or more input quantities. To avoid complicated calculation, the correlation can be removed by adding additional input quantities in the model function f with appropriate corrections and uncertainties. In some cases, the presence of correlated input quantities may even reduce the combined uncertainty. Taking correlation into account is thus mainly essential for sophisticated uncertainty analysis to achieve a very accurate estimation of uncertainty. Correlation will not be discussed further in this standard.  **A.7 Expanded uncertainty**  In the field of high-voltage and high-current measurements, as in most other industrial applications, a statement of uncertainty corresponding to a coverage probability of approximately p = 95 % is required. This is achieved by multiplying the combined standard uncertainty uc(y) in (A.11) by a coverage factor k:  U=kuc(y) (A.12)  where U is the expanded uncertainty. The coverage factor k = 2 is used in cases where a normal distribution can be attributed to y and uc(y) has sufficient reliability, i.e. the effective degrees of freedom of uc(y) is sufficiently large (see Clause A.8). Otherwise a value k > 2 has to be determined to obtain p = 95 %.  NOTE 1 In some older standards the term “overall uncertainty” is used. In the majority of cases this term is interpreted as an expanded uncertainty U with the coverage factor being equal to 2.  NOTE 2 Since uncertainties are defined as positive numbers, the sign of U is always positive. Of course, in cases where U is used in the meaning of an uncertainty interval, it is quoted k as ±U.  **A.8 Effective degrees of freedom**  The assumption of a normal distribution of the expanded uncertainty is, in general, fulfilled in cases where several (i.e. N ≥ 3) uncertainty components of comparable value and well-defined probability distribution (Gaussian, rectangular, etc.) contribute to the combined standard uncertainty and where the Type A uncertainty is based on n ≥ 10 repeated observations. These conditions are fulfilled in many calibrations of voltage measuring systems. When the assumption of a normal distribution is not justified, a value of k > 2 shall be evaluated to obtain a coverage probability of approximately 95 %. The appropriate coverage factor can be evaluated on the basis of the effective degrees of freedom νeff of the standard uncertainty uc(y):  (A.13)  where ui(y) is given by Equation (A.8) for i = 1, 2, …, N and νi is the corresponding degrees of freedom. Reliable values of νi are as follows:  νi = n – 1 for a Type A uncertainty based on n independent observations,  νi ≥ 50 for a Type B uncertainty taken from a calibration certificate, and when the coverage probability is stated to be not less than 95 %,  νi = ∞ for a Type B uncertainty assuming a rectangular distribution within a- and a+.  The effective degrees of freedom can then be calculated by Equation (A.13) and the coverage factor be taken from Table A.1 which is based on a t-distribution evaluated for a coverage probability of p = 95,45 %. If νeff is not an integer interpolate or truncate νeff to the next lower integer. |

**A.1-р хүснэгт – Чөлөөт үр дүнтэй νeff (p = 95,45 %) зэрэгт зориулсан хамруулах к коэффициент**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| νeff | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 20 | 50 | ∞ |
| k | 13,97 | 4,53 | 3,31 | 2,87 | 2,65 | 2,52 | 2,43 | 2,37 | 2,28 | 2,13 | 2,05 | 2,00 |

**Table A.1 – Coverage factor k for effective degrees of freedom veff (p=95,45%)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| νeff | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 20 | 50 | ∞ |
| k | 13,97 | 4,53 | 3,31 | 2,87 | 2,65 | 2,52 | 2,43 | 2,37 | 2,28 | 2,13 | 2,05 | 2,00 |

|  |  |
| --- | --- |
| Чөлөөт νeff зэргээс хамруулах к коэффициентыг олоход дараах томьёог хэрэглэж болно.  (A.14)  **A.9 Эргэлзээний төсөв**  Хэмжлийн эргэлзээний төсөв нь загварын f функцийн дагуу эргэлзээний бүх эх үүсвэр болон утгын нарийвчилсан дүн шинжилгээ юм. Хамаарах өгөгдлийг шалгахад зориулан A.2-р хүснэгттэй адилаар эсвэл харьцуулж болох хүснэгт хэлбэрт хадгалсан байвал зохино. Сүүлийн мөр нь хэмжлийн y үр дүнгийн утгууд, нийлмэл эргэлзээ uc(y) болон чөлөөт үр дүнтэй νeff зэргийг заана. | The following formula can also be used to calculate k from νeff:  (A.14)  **A.9 Uncertainty budget**  The uncertainty budget of a measurement is a detailed analysis of all sources and values of uncertainty according to the model function f. The relevant data should be kept for inspection in the form of a table equal or comparable to Table A.2. The last line indicates the values of the measurement result y, the combined uncertainty uc(y) and the effective degrees of freedom νeff. |

**A.2-р хүснэгт – Эргэлзээний төсвийн схем**

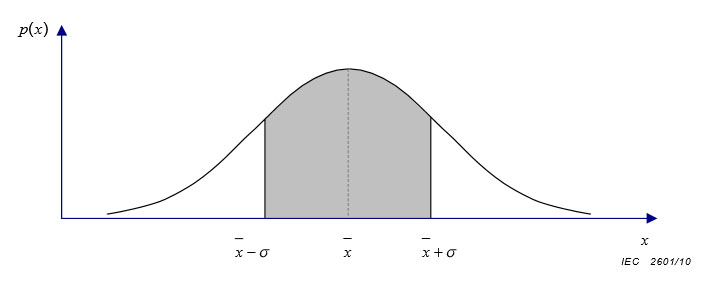
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тоо хэмжээ  Xi | Утга  xi | Стандарт эргэлзээний нэмэр u(xi) | Чөлөөт зэрэг  vi/veff | Мэдрэмжийн коэффициент  ci | Нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр ui(y) |
| X1 | x1 | u(x1) | v1 | c1 | u1(y) |
| X2 | x2 | u(x2) | v2 | c2 | u2(y) |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| XN | xN | u(xN) | vN | cN | uN(y) |
| Y | y |  | veff |  | uc(y) |
| ТАЙЛБАР: Батлагдсан программ хангамж нь худалдан авахад боломжтой эсвэл f загварын тэнцэтгэлээс A.2-р хүснэгтэд байх тоо хэмжээг автоматаар тооцоолох боломжтой болгох ерөнхий программ хангамжаас хэрэглэгч боловсруулсан байж болно. | | | | | |

**Table A.2 – Schematic of an uncertainty budget**

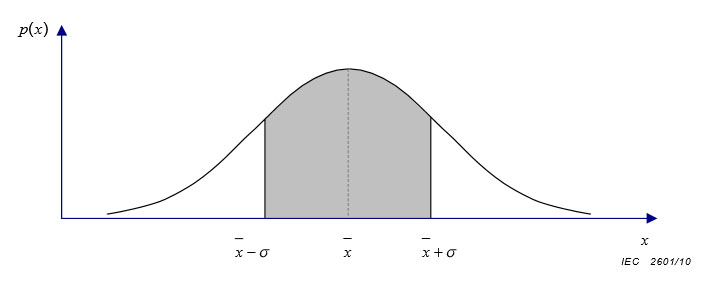
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Quantity  Xi | Value  xi | Standard uncertainty contribution u(xi) | Degrees of freedom  vi/veff | Sensitivity coefficient  ci | Contribution to combined standard uncertainty ui(y) |
| X1 | x1 | u(x1) | v1 | c1 | u1(y) |
| X2 | x2 | u(x2) | v2 | c2 | u2(y) |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| XN | xN | u(xN) | vN | cN | uN(y) |
| Y | y |  | veff |  | uc(y) |
| NOTE Validated software is commercially available or may be developed by the user from general software that enables automated calculation of the quantities in Table A.2 from the model equation f. | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **A.10 Хэмжлийн үр дүнгийн тайлбар**  Тохируулга болон туршилтын гэрчилгээнд Y хэмжигдэгчийг ойролцоогоор 95%-тай тэнцүү хамруулах p магадлалд (эсвэл итгэлтэй байдлын түвшин) зориулан y ± U гэж илэрхийлэх хэрэгтэй. Утгыг илэрхийлэх хоёроос багагүй тоо өгөхийн тулд өргөтгөсөн U эргэлзээний тоон утгыг бүхэлтгэсэн байвал зохино. Хэрэв тоог бүхэлтгэхэд эргэлзээний утгыг 0,05 U хэмжээнээс ихээр багасгах бол дээшлүүлсэн бүхэл утгыг хэрэглэх шаардлагатай.  Өргөтгөсөн эргэлзээ нөлөөлж болох хамгийн бага утгатай тоонд y хэмжигдэгчийн тоон утгыг бүхэлтгэх хэрэгтэй.  1-Р ТАЙЛБАР: Жишээ болгож, хүчдэлийн хэмжлийн үр дүнг дараах аргуудын нэгээр тайлбарласан. Үүнд:  227,2 ± 2,4) кВ,  227,2 х (1 ± 0,011) кВ, эсвэл  227,2 х (1 ± 1,1·10–2) кВ болно.  Хамруулах p магадлал, хамруулах k коэффициентыг мэдээлэх тайлбарын зүүлт нэмсэн байх шаардлагатай.  2-Р ТАЙЛБАР: Жишээ болгож, дараах бүрэн бичилтийг зөвлөсөн (A.1-р хүснэгтийн дагуу νeff нь 50-аас бага, k нь 2,05-аас их байх нөхцөлд хашилтад байгаа гишүүдийг хэрэглэнэ.).  “Хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээг илтгэхдээ хэмжлийн эргэлзээг 2-той (k=XX) тэнцүү хамруулах k коэффициентоор үржүүлсэн байдлаар тэмдэглэнэ. Энэ коэффициентыг энгийн хуваарилалтад (чөлөөт үр дүнтэй νeff зэрэг нь YY-тай тэнцүү байх t хуваарилалт) зориулсан байх бөгөөд ойролцоогоор 95%-ийн хамруулах магадлалд нийцнэ. Хэмжлийн стандарт эргэлзээг IEC 60060-2 стандартад нийцүүлэн тодорхойлсон болно.” | **A.10 Statement of the measurement result**  In calibration and test certificates the measurand Y shall be expressed as y ± U for a coverage probability (or: level of confidence) of approximately p = 95 %. The numerical value of the expanded uncertainty U shall be rounded to give not more than two significant figures. If rounding down reduces the value by more than 0,05 U, the rounded-up value shall be used.  The numerical value of y shall be rounded to the least significant figure that could be affected by the expanded uncertainty.  NOTE 1 As an example, the result of a voltage measurement is stated in one of the following ways:  (227,2 ± 2,4) kV,  227,2 х (1 ± 0,011) kV, or  227,2 х (1 ± 1,1·10–2) kV.  An explanatory note should be added informing of the coverage probability p and the coverage factor k.  NOTE 2 As an example, the following complete wording is recommended (the terms in brackets apply to the cases where νeff < 50, i.e. k > 2,05 according to Table A.1):  “The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k = 2 (k = XX), which for a normal distribution (t-distribution with νeff = YY effective degrees of freedom) corresponds to a coverage probability of approximately 95 %. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with IEC 60060-2.” |

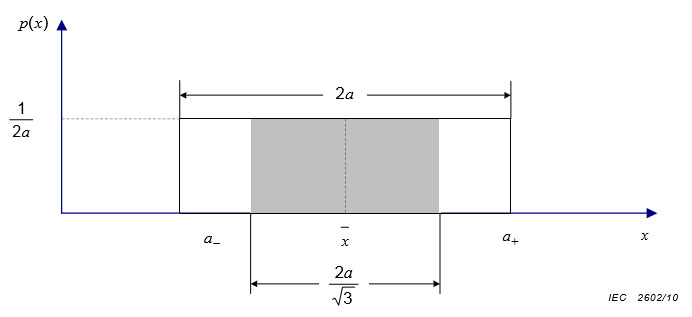
**A.1-р зураг – Энгийн магадлалын хуваарилалт p(x)**

****

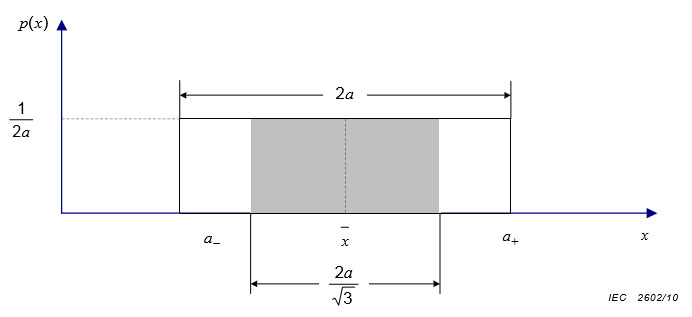
**Figure A.1 – Normal probability distribution p(x)**

****

**A.2-р зураг – Тэгш өнцөгт магадлалын хуваарилалт p(x)**

****

**Figure A.2 – Rectangular probability distribution p(x)**

****

|  |  |
| --- | --- |
| **B хавсралт**  (мэдээллийн)  **Өндөр хүчдэлийг хэмжих үеийн хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох жишээ**  **B.1 1-р жишээ: Хувьсах гүйдлийн хэмжлийн системийн хуваарийн коэффициент (харьцуулах арга)**  X үсгээр тэмдэглэсэн, 500кВ хэвийн хүчдэлтэй хувьсах гүйдлийн хэмжлийн системийг хэрэглэгчийн туршилтын лабораторид тохируулгын итгэмжлэгдсэн лабораториор тохируулна. N үсгээр тэмдэглэсэн, жишиг хэмжлийн системтэй харьцуулж, тохируулгыг VXmax хүчдэлийг 500кВ хүртэл өсгөж хийнэ. Хоёр систем нь хуваагуур, VN болон VX хүчдэлийн утгыг заах тоон заалттай вольтметрээс тус тус бүрдэх бөгөөд хуваагуурын гаралтад хүчдэлийг заана. 20 °C хэмд жишиг N системийн хуваарийн коэффициент FN нь 1,025-тай тэнцүү, удаан хугацааны тогтворгүй байдалд дүгнэсэн эргэлзээний нэмрийг оруулаад харьцангуй өргөтгөсөн эргэлзээ UN нь 0,8 %-тай тэнцүү (k=2) болно.  Тохируулгын туршид гадаа орчны температур (15 ± 2) °C байна. Жишиг N системийн хуваарийн коэффициентыг 20 °C хэмд тохируулсан учраас энэ коэффициентыг температурын коэффициентынх нь дагуу -0,3%-аар залруулахад бодит FN утга 15 °C хэмд нь 1,022-той тэнцүү болно. Энэ залруулга хэдийгээр их зөв биш ч тохируулгын үед температур ±2°C хэмээр өөрчлөгдөх учир FN коэффициентын магадлалтай утгыг тэгш өнцөгт хуваарилалт бүхий FN коэффициентын орчинд ±0,001 интервалын дотор байна гэж таамагладаг. Харьцуулах хэмжлүүдийг VXmax хүчдэлийн 20 %, 40 %, …100 % орчим хүчдэлийн h түвшин 5-тай тэнцүү үед гүйцэтгэнэ. Хүчдэлийн түвшин бүрд n тоо 10-тай тэнцүү байхаар зориулан хүчдэл өгсөн үед VN болон VX хүчдэлийн заалтыг нэгэн зэрэг авна. Дараа нь динамик төлөв, богино хугацааны тогтвортой байдал, температурын интервалыг шалгахаас гадна туршилтын биетийн FX хуваарийн коэффициентод нөлөөлөх интерференцийг ±0,2 % тутамд харуулна. Үйлдвэрлэгчийн өгөгдлийн үндэслэлээр туршилтын биетийн урт хугацааны тогтвортой байдлыг дараагийн тохируулга хүртэл ±0,3 %-ийн хязгаарт дүгнэнэ.  FX хуваарийн коэффициентын утгыг тооцоолоход зориулсан загварын тэнцэтгэл, нийлмэл стандарт эргэлзээг дараах байдлаар боловсруулах боломжтой. Төгс нөхцөлд хоёр хэмжлийн систем нь хувьсах гүйдлийн туршилтын V хүчдэлийн адил утгыг заана (B.1-р зураг).  V = FNVN = FXVX (B.1)  Энэ тэнцэтгэл нь туршилт хийж байгаа системийн хуваарийн коэффициентыг тооцоолоход зориулсан үндсэн тэнцэтгэлийг гаргахад тусална.  (B.2)  Дээр тайлбарласнаар хоёр системийн хуваарийн коэффициентыг шилжилт, температур зэрэг хэд хэдэн нөлөөлөх хэмжигдэхүүнээр туршина. Эдгээр хэмжигдэхүүн нь хуваарийн коэффициентуудын утга болон эргэлзээнд нэмэгдэнэ. Нэмэгдсэн нэмрийг жишиг хэмжлийн системд ΔFN,1, ΔFN,2, … гэж, туршилт хийж байгаа системд ΔFX,1, ΔFX,2, … гэж тэмдэглэнэ. Хуваарийн FN эсвэл FX коэффициентод нэмэгдэх нэмэр бүр нь алдаа болон стандарт эргэлзээнээс бүрдэнэ. Хуваарийн коэффициентыг залруулахын тулд алдааг тооцдог бөгөөд залруулга нь эсрэг тэмдэг болно. A.5-р Зүйлд тайлбарласан эсвэл ui = ai/√3 стандарт эргэлзээнд хүргэх ±ai интервалын дотор тэгш өнцөгт хуваарилалтыг таамагласан эсвэл тохируулсан бүрэлдэхүүн хэсгийн тохиолдолд өргөтгөсөн U эргэлзээг нь хамруулах k коэффициентод хуваасантай адил аргаар үнэлсэн хамаарах FN эсвэл FX хуваарийн коэффициентод эргэлзээний нэмрийг хамруулна. ΔFN,m эсвэл ΔFX,i нэмэр нь үргэлж алдаатай (эсвэл алдааг тооцохооргүй бага байх хэрэгтэй гэж таамаглана) байх шаардлагагүй бөгөөд энэ нэмэр нь зөвхөн эргэлзээний ui нэмрээс бүрдэнэ.  Хуваарийн FX коэффициент болон энэ коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээг тодорхойлоход зориулсан иж бүрэн загварын функцийг тодорхойлохын тулд (B.2) үндсэн тэнцэтгэлд ΔFN,m болон ΔFX,i нэмрийг нэмдэг. Нөлөөлөх хэмжигдэхүүнүүдийн хоорондын харилцан хамаарлыг тооцохгүй учраас (B.2) тэнцэтгэлийг ерөнхий хувилбараар бичих боломжтой.  (B.3)  1-Р ТАЙЛБАР: Тодорхойлолтод заасны дагуу тэнцэтгэлийн хоёр талд оруулсан алдаа нь хасах тэмдэгтэй байна. Энэ хоёр алдааг тодорхойлохдоо заасан утгаас зөв утгыг хасна. ΔF = (заасан утга) – (зөв утга)  Зохимжтой нөхцөлд хувьсах гүйдлийн хэмжлийн системийн хуваарийн FX коэффициентыг дараах томьёогоор илэрхийлэх боломжтой.  (B.4)  үүнд:  ΔFN – жишиг системийн арай бага температураас үүссэн нэмэр,  ΔFX,1 – ноогдворын шугаман бус байдлаас үүссэн нэмэр,  ΔFX,2 – туршилт хийж байгаа системийн богино хугацааны тогтворгүй байдлаас үүссэн нэмэр,  ΔFX,3 - туршилт хийж байгаа системийн урт хугацааны тогтворгүй байдлаас үүссэн нэмэр,  ΔFX,4 - туршилт хийж байгаа системийн динамик төлөвөөс үүссэн нэмэр,  ΔFX,5 - туршилт хийж байгаа системийн температурын өөрчлөлтөөс үүссэн нэмэр байна.  2-Р ТАЙЛБАР: Энэ жишээнд ΔFN нэмэр нь хуваарийн FN коэффициентод нэмэгдэх эргэлзээний нэмэр, залруулгын аль алинаас бүрдэнэ. Харин ΔFX1-ээс ΔFX5 хүртэл гишүүд зөвхөн хуваарийн FX коэффициентын эргэлзээнд нэмэгдэнэ. Хялбарчлахын тулд эргэлзээний ΔFX1-ээс ΔFX5 хүртэлх нэмрийг хуваарийн FX коэффициентод шууд хамааруулна. Өөрөөр хэлбэл, оролтын эдгээр хэмжигдэхүүний мэдрэмжийн коэффициентыг хэдийнэ тооцсон гэсэн үг юм.  Хэмжлийн X систем болон жишиг N системийг хооронд нь хүчдэлийн ганц түвшинд харьцуулах хэмжлээр VN болон VX хүчдэлийн хэмжсэн утгын n тоо 10-тай тэнцүү хос утгыг гаргана. Хэмжсэн утгуудаас VN/VX ноогдвор, утгуудын дундаж болон туршилтын стандарт s(VN/VX) хазайлтыг тооцоолно. VXmax хүчдэлийн 40% орчим хүчдэлийн түвшинд хэмжсэн утгуудын жишээг B.1-р хүснэгтэд бичсэн. Дээрхтэй адил аргаар VN/VX ноогдвор болон стандарт s(VN/VX) хазайлтыг 500 кВ хүртэл хүчдэлийн h түвшин 5-тай тэнцүү нийт үед гаргана (B.2-р хүснэгт). | **Annex B**  (informative)  **Examples for the calculation of measuring uncertainties in high-voltage measurements**  **B.1 Example 1: Scale factor of an AC measuring system (comparison method)**  An AC measuring system of rated voltage 500 kV, denoted by X, is calibrated by an accredited calibration laboratory in the test laboratory of the customer. The calibration is performed up to VXmax = 500 kV by comparison with a reference measuring system, denoted by N (Figure B.1). Both systems consist of a divider and a digital voltmeter, indicating the voltage values VN and VX, respectively, at the divider outputs. The scale factor and the relative expanded uncertainty of the reference system N at 20 °C is FN = 1,025 and UN = 0,8 % (k=2), including an uncertainty contribution estimated for the long-term instability.  During the calibration, ambient temperature is (15 ± 2) °C. Since the scale factor of N was calibrated at 20 °C, it is corrected by -0,3 % according to its temperature coefficient, yielding the actual value FN = 1,022 at 15 °C. This correction, however, is not very accurate and, furthermore, due to the temperature variation within ±2 °C during the calibration, the probable values of FN are assumed to lie within an interval of ±0,001 around FN with rectangular distribution. The comparison measurements are performed at h = 5 voltage levels of about 20 %, 40 %, …100 % of VXmax. At each voltage level, simultaneous readings of the voltages VN and VX are taken for n = 10 voltage applications. Further investigations on the dynamic behaviour, short-term stability, temperature interval, and interference show an influence on the scale factor of the test object, FX, within ±0,2 % each. Its long-term stability is estimated on the basis of the manufacturer’s data to lie within ±0,3 % until the next calibration.  The model equation for calculating the value of FX and its combined standard uncertainty can be developed as follows. In the ideal case, both measuring systems indicate the same value of the AC test voltage V (Figure B.1):  V = FNVN = FXVX (B.1)  This leads to the basis equation for calculating the scale factor of the system under test:  (B.2)  As described above, the scale factors of both systems are subject to several influence quantities such as drift, temperature, etc. They contribute to the scale factor values and their uncertainties as well. These contributions are denoted here by ΔFN,1, ΔFN,2, … for the reference system, and by ΔFX,1, ΔFX,2, … for the system under test. In general, each contribution to the scale factor FN or FX consists of an error and a standard uncertainty. The error is taken to correct the scale factor, the correction being of opposite sign. The uncertainty contribution is related to the relevant scale factor FN or FX and evaluated in a similar way as described in Clause A.5, i.e., either by assuming a rectangular probability distribution within an interval ±ai, leading to a standard uncertainty ui = ai/√3, or, in the case of a calibrated component, by dividing its expanded uncertainty U by the coverage factor k. The contribution ΔFN,m or ΔFX,i need not always have an error (or the error is assumed to be negligibly small), and then it consists only of the uncertainty contribution ui.  The basis equation (B.2) is supplemented by the contributions ΔFN,m and ΔFX,i to obtain the complete model function for determining the scale factor FX and its combined standard uncertainty. Since correlation between the influence quantities is neglected, Equation (B.2)  can then be written in the general version:  (B.3)  NOTE 1 As per definition, the errors inserted on both sides of the equation have a negative sign. They are defined as ΔF = (indicated value) – (correct value).  For the relevant case, the scale factor FX of the AC measuring system can be expressed by:  (B.4)  where:  ΔFN is the contribution caused by the lower temperature of the reference system,  ΔFX,1 is the contribution caused by the nonlinearity of the quotient,  ΔFX,2 is the contribution caused by the short-term instability of the system under test,  ΔFX,3 is the contribution caused by the long-term instability of the system under test,  ΔFX,4 is the contribution caused by the dynamic behaviour of the system under test,  ΔFX,5 is the contribution caused by the temperature variation of the system under test.  NOTE 2 In this example, ΔFN consists both of a correction and an uncertainty contribution to the scale factor FN, whereas the terms ΔFX1 to ΔFX5 contribute only to the uncertainty of the scale factor FX. For convenience, the uncertainty contributions ΔFX1 to ΔFX5 are directly related to FX, i.e. the sensitivity coefficients of these input quantities have already been taken into consideration.  The comparison measurement at a single voltage level between the measuring system X and the reference system N yields n = 10 pairs of measured values VN and VX, from which the quotients VN/VX, their mean and the experimental standard deviation s(VN/VX) are calculated. An example for the values measured at a voltage level of about 40 % VXmax is given in Table B.1. In the same manner, the quotients VN/VX and standard deviations s(VN/VX) are obtained for a total of h = 5 voltage levels up to 500 kV (Table B.2). |

**B.1-р хүснэгт – Хүчдэлийн нэг түвшинд хэмжлийг харьцуулсан үр дүн**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Хэмжлийн тоо** | **Жишиг систем**  **VN**  **кВ** | **Туршилт хийж байгаа систем**  **VX**  **В** | **Ноогдвор**  **VN/VX** |
| 1 | 191,4 | 190,8 | 1003,1 |
| 2 | 191,6 | 190,9 | 1003,7 |
| 3 | 190,7 | 189,9 | 1004,2 |
| 4 | 189,9 | 189,0 | 1004,8 |
| 5 | 190,9 | 189,9 | 1005,3 |
| 6 | 191,2 | 190,3 | 1004,7 |
| 7 | 191,3 | 190,4 | 1004,7 |
| 8 | 191,2 | 190,4 | 1004,2 |
| 9 | 190,2 | 189,9 | 1003,7 |
| 10 | 191,3 | 190,7 | 1003,1 |
| 40% орчим VXmax хүчдэлтэй үеийн VN/VX ноогдворын дундаж | | | **1004,2** |
| Туршилтын стандарт хазайлт s(VN/VX) | | | **0.73** |

**Table B.1 – Result of the comparison measurement at a single voltage level**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Number of measurement** | **Reference system**  **VN**  **кВ** | **System under test**  **VX**  **В** | **Quotient**  **VN/VX** |
| 1 | 191,4 | 190,8 | 1003,1 |
| 2 | 191,6 | 190,9 | 1003,7 |
| 3 | 190,7 | 189,9 | 1004,2 |
| 4 | 189,9 | 189,0 | 1004,8 |
| 5 | 190,9 | 189,9 | 1005,3 |
| 6 | 191,2 | 190,3 | 1004,7 |
| 7 | 191,3 | 190,4 | 1004,7 |
| 8 | 191,2 | 190,4 | 1004,2 |
| 9 | 190,2 | 189,9 | 1003,7 |
| 10 | 191,3 | 190,7 | 1003,1 |
| Mean of VN/VX at about 40% VXmax | | | **1004,2** |
| Experimental standard deviation s(VN/VX) | | | **0.73** |

**B.2-р хүснэгт – 5-тай тэнцүү хүчдэлийн h түвшнүүдэд (VXmax = 500кВ) зориулсан үр дүнгүүдийн хураангуй**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **g**  **дугаар** | **Хүчдэлийн түвшин**  **VXmax хүчдэлийн хувь** | **VN/VX** | **s(VN/VX)** |
| 1 | 18 | 1003,2 | 0,71 |
| 2 | 38 | 1004,2 | 0,73 |
| 3 | 63 | 1004,5 | 0,81 |
| 4 | 83 | 1006,5 | 0,68 |
| 5 | 100 | 1010,1 | 0,85 (=smax) |
| **Дундаж** |  | **1005,7** |  |

**Table B.2 – Summary of results for h = 5 voltage levels (VXmax = 500 kV)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **g**  **No.** | **Voltage level**  **% of VXmax** | **VN/VX** | **s(VN/VX)** |
| 1 | 18 | 1003,2 | 0,71 |
| 2 | 38 | 1004,2 | 0,73 |
| 3 | 63 | 1004,5 | 0,81 |
| 4 | 83 | 1006,5 | 0,68 |
| 5 | 100 | 1010,1 | 0,85 (=smax) |
| **Mean** |  | **1005,7** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| B.2-р хүснэгтэд байгаа VN/VX таван ноогдворын дундаж нь 1005,7 болно. Эргэлзээний үнэлэлтийн найдвартай талд байх VN/VX ноогдворын A төрлийн стандарт эргэлзээг (A.3)-р тэнцэтгэлийн дагуу хамгийн их smax стандарт хазайлт 0,85-тай тэнцүү байхад үнэлсэн.    Ноогдворуудын дунджаас авсан VN/VX ноогдворын хазайлт нь X системийн шугаман бус байдлыг тодорхойлно. VXmax хүчдэлийг 100% байх үеийн 4,4-тэй тэнцүү a1 нь хамгийн их хазайлт юм. Шугаман бус байдлаас үүссэн VN/VX ноогдворын B төрлийн стандарт эргэлзээ нь (A.7) тэнцэтгэлийн дагуу a1/√3 = 2,54 болно. B төрлийн эргэлзээний нэмрийг олохын тулд энэ утгыг c1 = ∂FX/∂(VN/VX) = FN - ΔFN = 1,022 гэсэн хамаарах мэдрэмжийн коэффициентоор үржүүлнэ.    Оролтын бүх хэмжигдэхүүний утга болон стандарт эргэлзээг (B.4)-р загварын тэнцэтгэлийн баруун талд оруулсан. Загварын тэнцэтгэлийг A хавсралтад өгсөн тэнцэтгэлийг ашиглан гар аргаар, эсвэл эргэлзээг тооцоолоход зориулан баталгаажуулсан байх шаардлагатай тусгай программ хангамжийн тусламжтай үнэлэх боломжтой. Үнэлгээний үр дүнг B.3-р хүснэгтэд нэгтгэсэн. Хүснэгтийн сүүлийн мөрөнд тогтоосон хуваарийн FX коэффициент, энэ коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээ болон чөлөөт үр дүнтэй зэргийг бичсэн. Чөлөөт үр дүнтэй зэргийн 180-тай тэнцүү их утга нь хуваарийн FX коэффициентын боломжит утгын энгийн хуваарилалтыг заах учраас хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү нь хүчинтэй байна (A хавсралт, A.1-р хүснэгтийг үзнэ үү).  3-Р ТАЙЛБАР: Эргэлзээний дүгнэлт их тодорхой биш байх бөгөөд их тоотой яг таг тодорхой байдлыг шаардахгүй.  Эцэст нь, баталгаажуулсан хэмжлийн системийн тохируулгын иж бүрэн үр дүнг нь тогтоосон хуваарийн коэффициент болон энэ коэффициентын өргөтгөсөн тодорхойгүй байдлаар илэрхийлдэг. 95%-аас багагүй хамруулах магадлалын хувьд хуваарийн коэффициент (хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү):  FX = 1028 ± 11 = 1028(1 ± 0,011)  Тогтоосон хуваарийн коэффициентын харьцангуй өргөтгөсөн U эргэлзээ 1,1%-тай тэнцүү байна. Тиймээс энэ эргэлзээнд удаан хугацааны тогтвортой байдлын эргэлзээний нэмрийг багтаах бөгөөд хуваарийн коэффициентын тогтвортой байдлыг дундын гүйцэтгэлийн шалгалтаар шалгасан нөхцөлд баталгаажуулсан хэмжлийн системийн дараагийн тохируулга хүртэл туршилтын хүчдэлийн өргөтгөсөн эргэлзээтэй адилаар хэрэглэж болно (4.3-ыг үзнэ үү).  4-Р ТАЙЛБАР: Тогтоосон хуваарийн коэффициентын яг адил харьцангуй өргөтгөсөн эргэлзээг 5-р Зүйлийн хялбарчилсан аргаар олно. | The mean of the five quotients VN/VX in Table B.2 is 1005,7. To be on the safe side of the uncertainty estimation, the Type A standard uncertainty of VN/VX is evaluated from the maximum standard deviation smax = 0,85 according to Equation (A.3):    The deviation of the quotients VN/VX from their mean characterises the nonlinearity of system X. The maximum deviation is a1 = 4,4 at 100 % of VXmax (Table B.2). The Type B standard uncertainty of VN/VX, originating from nonlinearity, is thus a1/√3 = 2,54 according to Equation (A.7). This value is multiplied by the relevant sensitivity coefficient c1 = ∂FX/∂(VN/VX) = FN - ΔFN = 1,022 to obtain the Type B uncertainty contribution:    The values and standard uncertainties of all input quantities are entered on the right side of the model equation (B.4). The model equation can be evaluated manually, using the equations given in Annex A, or with the aid of special software which should be validated for calculating uncertainties. The result of the evaluation is summarized in Table B.3. In the last line, the assigned scale factor FX, its combined standard uncertainty, and the effective degrees of freedom are given. The large value νeff = 180 indicates normal distribution of the probable values of FX, and thus k = 2 is valid (see Annex A, Table A.1).  NOTE 3 The estimate of uncertainty is not very precise and high numerical precision is not required.  Finally, the complete result of the calibration of the approved measuring system is expressed by the assigned scale factor and its expanded uncertainty:  FX = 1028 ± 11 = 1028(1 ± 0,011) for a coverage probability of not less than 95 % (k = 2).  The relative expanded uncertainty of the assigned scale factor is U = 1,1 %. Since it contains an uncertainty contribution of the long-term stability, it can be applied as the expanded uncertainty of the test voltage until the next calibration of the approved measuring system, provided the stability of the scale factor is checked by intermediate performance checks (see 4.3).  NOTE 4 The simplified method of Clause 5 delivers an identical relative expanded uncertainty of the assigned scale factor. |

**B.3-р хүснэгт – Тогтоосон хуваарийн FX коэффициентын эргэлзээний төсөв**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хэмжигдэхүүн** | **Утга** | **Стандарт эргэлзээний нэмэр** | **Чөлөөт зэрэг** | **Мэдрэмжийн коэффициент** | **Нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр** |
| FN | 1,025 | 0,004 1) | 50 | 1005,7 | 4,0 |
| ΔFN | 0,003 | 0,000577 2) | ∞ | -1005,7 | -0,58 |
| VN / VX | 1005,7 | 0,27 1) | 9 | 1,022 | 0,28 |
| ΔFX,1 | 0 | 2,60 2) | ∞ | 1 | 2,6 |
| ΔFX,2 | 0 | 1,19 2) | ∞ | 1 | 1,2 |
| ΔFX,3 | 0 | 1,78 2) | ∞ | 1 | 1,8 |
| ΔFX,4 | 0 | 1,19 2) | ∞ | 1 | 1,2 |
| ΔFX,5 | 0 | 1,19 2) | ∞ | 1 | 1,2 |
| **ΔF** | **1027,8** |  | **180** |  | **5,54** |
| 1. Энгийн хуваарилалт. 2. Тэгш өнцөгт хуваарилалт. | | | | | |

**Table B.3 – Uncertainty budget of the assigned scale factor FX**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Qyantity** | **Value** | **Standard uncertainty contribution** | **Degrees of freedom** | **Sensitivity coefficient** | **Contribution to combined standard uncertainty** |
| FN | 1,025 | 0,004 1) | 50 | 1005,7 | 4,0 |
| ΔFN | 0,003 | 0,000577 2) | ∞ | -1005,7 | -0,58 |
| VN / VX | 1005,7 | 0,27 1) | 9 | 1,022 | 0,28 |
| ΔFX,1 | 0 | 2,60 2) | ∞ | 1 | 2,6 |
| ΔFX,2 | 0 | 1,19 2) | ∞ | 1 | 1,2 |
| ΔFX,3 | 0 | 1,78 2) | ∞ | 1 | 1,8 |
| ΔFX,4 | 0 | 1,19 2) | ∞ | 1 | 1,2 |
| ΔFX,5 | 0 | 1,19 2) | ∞ | 1 | 1,2 |
| **ΔF** | **1027,8** |  | **180** |  | **5,54** |
| 1) Normal distribution.  2) Rectangular distribution. | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **B.2 2-р жишээ: Импульсийн хүчдэлийг хэмжих системийн хуваарийн коэффициент (бүрэлдэхүүн хэсгийн арга)**  Аянгын импульсийн хүчдэлийг хэмжихэд зориулсан систем нь 1,2 МВ хэвийн хүчдэлтэй импульсийн хуваагуур, 10 бит тоон системт бичигч болон 20 м коаксиаль кабелиас бүрдэнэ. Импульсийн хуваагуурын хуваарийн коэффициент (“div” гэсэн индекстэй) болон тоон системт бичигчийн хуваарийн коэффициент (“rec” гэсэн индекстэй), эдгээр коэффициентын өргөтгөсөн эргэлзээг үйлдвэрлэгч дараах байдлаар тодорхойлсон:  Fdiv = 2015 (Udiv = 1,2 %, хамруулах p магадлал 95 %-аас их буюу тэнцүү, хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү), болон  Frec = 1,050 (Urec = 0,8 %, хамруулах p магадлал 95 %-аас их буюу тэнцүү, хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү) байна.  Хуваагуурын эргэлзээ нь 1,2 МВ хүртэл шугаман хамаарлын туршилт, динамик төлөв болон богино хугацааны тогтвортой байдлын нэмрүүдээс бүрдэнэ. Ойр орчны нөлөө болон урт хугацааны тогтвортой байдлын тухай нэмэлт мэдээллийг үйлдвэрлэгч өгнө. Тоон системт бичигчийн тохируулгыг IEC 61083-1 стандартын дагуу тохируулгын үргэлжилсэн импульсүүд өгөх замаар бүтэн хуваарийн ойлтын 60%-аас 100%-ийн хоорондын бүх хүрээнд хийдэг. Бичигчийн алхмын хариу нь нэлээд жигд байх учраас аянгын импульсийн хүчдэлд зориулан тодорхойлсон хүлцлүүдийн хязгаарт байх хугацааны параметрээс хуваарийн коэффициент шалтгаалахгүй гэсэн дүгнэлт хийж болно.  Иж бүрэн хэмжлийн системийн эргэлзээг олохын тулд хэрэглэгч хуваагуур болон бичигчийн гүйцэтгэлийн бичлэгээс авсан, эсвэл нэмэлт туршилтаар тодорхойлсон байж болох нэмэлт эргэлзээний нэмрүүдийг авч үзэх хэрэгтэй. Дараах нөлөөлөх хэмжигдэхүүнийг өргөний хагас хэмжээ бүхий ai интервалтай,тэгш өнцөгт хуваарилалттай гэж таамаглах бөгөөд энэ интервалаас эргэлзээний нэмрийг ai/√3 гэж тооцоолсон. Жилийн урт хугацааны тогтворгүй байдлыг хуваагуурын хувьд ±0,3 %, бичигчийн хувьд ±0,2 %-ийн хязгаарт байна гэж үйлдвэрлэгч тодорхойлсон. Богино хугацааны тогтворгүй байдал бичигчийн хувьд ±0,3 %-ийн хязгаарт байна. Үйлдвэрлэгчээс тодорхойлсон хамгийн бага (клиренс) зайн гадна талд байрлуулсан хуваагуурын ойр орчны нөлөөг шалгах шаардлагагүй. Хэрэглэгчийн туршилтын танхимд үүсгэсэн аянгын импульс бараг 2%-ийн хэлбэлзлээр давхардах тул ±0,3 %-ийн хязгаарт байх үлдэгдэл хазайлт нь давтамжаас шалтгаалсан k коэффициентод нийцэх суурь муруйн оргил утгыг тооцоолоход хэрэглэдэг бичигчийн программ хангамжид нөлөөлнө (IEC 60060-1 стандартын 8-р Зүйлийг үзнэ үү).  Иж бүрэн хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн F коэффициентыг тодорхойлох үндсэн загварын тэнцэтгэлийг бичвэл:  F = Fdiv × Frec (B.5) болно.  Дээр дурдсан нөлөөлөх хэмжигдэхүүнүүдээр үүссэн нэмэлт ΔFdiv,i болон ΔFrec,i гишүүдийг B.1-р жишээтэй адилаар загварын энэ тэнцэтгэлд нэмнэ. Эдгээр гишүүн нь алдаа болон магадлалын тэгш өнцөгт хуваарилалтын таамаглалын боломжит утгуудын өргөний хагас хэмжээтэй ai интервалаас тооцоолсон ai/√3 стандарт эргэлзээнээс ерөнхийдөө бүрдэнэ. Иж бүрэн хэмжлийн системийн хуваарийн Fm коэффициентод зориулсан иж бүрэн загварын функцийг бичвэл:  (B.6) болно. Үүнд:  ΔFdiv – хуваагуурын урт хугацааны тогтворгүй байдлаар үүссэн нэмэр;  ΔFrec,1 – бичигчийн урт хугацааны тогтворгүй байдлаар үүссэн нэмэр;  ΔFrec,2 - бичигчийн богино хугацааны тогтворгүй байдлаар үүссэн нэмэр;  ΔFrec,3 - бичигчийн программ хангамжаар үүссэн хувь нэмэр (k коэффициентын гүйцэтгэл) байна.  1-Р ТАЙЛБАР: Тодорхойлолтод зааснаар ΔFdiv болон ΔFrec,i алдаа нь хасах тэмдэгтэй байна. Заасан утгаас зөв утгыг хасаж эдгээр алдааг тодорхойлно. ΔF =(заасан утга)–(зөв утга)  2-Р ТАЙЛБАР: Энэ жишээнд ΔFdiv алдаа болон ΔFrec,1-ээс ΔFrec,3 хүртэл гишүүд нь зөвхөн хуваарийн F коэффициентын эргэлзээнд нэмэгдэнэ.  Оролтын бүх хэмжигдэхүүний утга болон стандарт эргэлзээг загварын тэнцэтгэлийн (B.6) баруун талд оруулсан. Загварын тэнцэтгэлийг A хавсралтад өгсөн тэнцэтгэлийг ашиглан гар аргаар, эсвэл эргэлзээг тооцоолоход зориулан баталгаажуулсан байх шаардлагатай тусгай программ хангамжийн тусламжтай үнэлэх боломжтой. Үнэлгээний үр дүнг B.4-р хүснэгтэд нэгтгэсэн. Хүснэгтийн сүүлийн мөрөнд иж бүрэн хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн Fкоэффициент, энэ коэффициентын нийлмэл стандарт эргэлзээ болон чөлөөт үр дүнтэй зэргийг бичсэн.  3-Р ТАЙЛБАР: Эргэлзээний дүгнэлт маш тодорхой биш байх бөгөөд их тоотой яг таг тодорхой байдлыг шаардахгүй. | **B.2 Example 2: Scale factor of an impulse voltage measuring system**  **(component method)**  The system for measuring lightning impulse voltages consists of an impulse divider of rated voltage 1,2 MV, a 10 bit digital recorder, and a 20 m coaxial cable. The scale factors of the impulse divider (index “div”) and the digital recorder (index “rec”) and their expanded uncertainties are stated by the manufacturers as:  Fdiv = 2015 (Udiv = 1,2 %, p ≥ 95 %, k = 2), and  Frec = 1,050 (Urec = 0,8 %, p ≥ 95 %, k = 2).  The uncertainty of the divider comprises the contributions of the linearity test up to 1,2 MV, the dynamic behaviour and short-term stability. Additional information on the proximity effect and long-term stability is given by the manufacturer. The calibration of the digital recorder was made in all ranges between 60 % and 100 % of full scale deflection by applying smooth calibration impulses according to IEC 61083-1. The recorder’s step response is rather flat, and it can be concluded that the scale factor does not depend on the time parameters within the tolerances specified for lightning impulse voltages.  In order to obtain the uncertainty of the complete measuring system, the user has to consider additional uncertainty contributions, either taken from the records of performance of the divider and recorder, or determined by additional tests. The following influencing quantities are assumed to have a rectangular distribution, the half-width being ai, from which the uncertainty contributions are calculated as ai/√3. The yearly long-term instability is specified by the manufacturer to be within ±0,3 % for the divider and ±0,2 % for the recorder. The short-term instability of the recorder is within ±0,3 %. The proximity effect need not be investigated as the divider is located outside the minimum clearance specified by the manufacturer. As the lightning impulses, generated in the user’s test hall, are superimposed by oscillations of about  2 %, a residual deviation within ±0,3 % is attributed to the software of the recorder, used to calculate the peak value of the base curve according to the frequency dependent k factor (see IEC 60060-1, Clause 8).  The basis model equation to determine the assigned scale factor F of the complete measuring system is:  F = Fdiv × Frec (B.5)  The model equation is supplemented - similar to Example B.1 - by additional terms ΔFdiv,i and ΔFrec,i caused by the influence quantities mentioned above. These terms generally consist of an error and a standard uncertainty ai/√3 calculated from the half-width ai of the probable values under the assumption of a rectangular probability distribution. The complete model function for the scale factor Fm of the complete measuring system reads:  (B.6)  where:  ΔFdiv is the contribution caused by the long-term instability of the divider;  ΔFrec,1 is the contribution caused by the long-term instability of the recorder;  ΔFrec,2 is the contribution caused by the short-term instability of the recorder;  ΔFrec,3 is the contribution caused by the recorder’s software (implementation of k factor).  NOTE 1 By definition, the errors ΔFdiv and ΔFrec,i have a negative sign. They are defined as ΔF = (indicated value) – (correct value).  NOTE 2 In this example, ΔFdiv and the terms ΔFrec,1 to ΔFrec,3 contribute only to the uncertainty of scale factor F.  The values and standard uncertainties of all input quantities are entered on the right side of the model equation (B.6). The model equation can be evaluated manually, using the equations given in Annex A, or with the aid of special software which should be validated for calculating uncertainties. The result of the evaluation is summarised in Table B.4. In the last line, the assigned scale factor F of the complete measuring system, its combined standard uncertainty and the effective degrees of freedom are given.  NOTE 3 The estimate of uncertainty is not very precise and high numerical precision is not required. |

**B.4-р хүснэгт – Тогтоосон хуваарийн F коэффициентын эргэлзээний төсөв**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хэмжигдэхүүн** | **Утга** | **Стандарт эргэлзээний нэмэр** | **Чөлөөт зэрэг** | **Мэдрэмжийн коэффициент** | **Нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр** |
| Fdiv | 2015 | 12,1 1) | 50 | 1,05 | 13 |
| ΔFdiv | 0 | 3,49 2) | ∞ | -1,05 | -3,7 |
| Frec | 1,050 | 0,0042 1) | 50 | 2015 | 8,5 |
| ΔFrec,1 | 0 | 0,00121 2) | ∞ | -2015 | -2,4 |
| ΔFrec,2 | 0 | 0,00182 2) | ∞ | -2015 | -3,7 |
| ΔFrec,3 | 0 | 0,00182 2) | ∞ | -2015 | -3,7 |
| **F** | **2115,8** |  | **130** |  | **16,7** |
| 1. Энгийн хуваарилалт. 2. Тэгш өнцөгт хуваарилалт. | | | | | |

**Table B.4 – Uncertainty budget of the assigned scale factor F**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Qyantity** | **Value** | **Standard uncertainty contribution** | **Degrees of freedom** | **Sensitivity coefficient** | **Contribution to combined standard uncertainty** |
| Fdiv | 2015 | 12,1 1) | 50 | 1,05 | 13 |
| ΔFdiv | 0 | 3,49 2) | ∞ | -1,05 | -3,7 |
| Frec | 1,050 | 0,0042 1) | 50 | 2015 | 8,5 |
| ΔFrec,1 | 0 | 0,00121 2) | ∞ | -2015 | -2,4 |
| ΔFrec,2 | 0 | 0,00182 2) | ∞ | -2015 | -3,7 |
| ΔFrec,3 | 0 | 0,00182 2) | ∞ | -2015 | -3,7 |
| **F** | **2115,8** |  | **130** |  | **16,7** |
| 1) Normal distribution.  2) Rectangular distribution. | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Импульсийн хэмжлийн системийн тогтоосон хуваарийн коэффициентод зориулсан иж бүрэн үр дүнг 95%-аас багагүй хамруулах магадлалын хувьд (хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү) илэрхийлвэл:  F = 2116 ± 33 = 2116(1 ± 0,016) болно.  Тогтоосон хуваарийн коэффициентын харьцангуй өргөтгөсөн U эргэлзээ 1,6 % байна. Энэ эргэлзээ нь нэг жилийн урт хугацааны тогтвортой байдлын эргэлзээний нэмрийг багтаасан тул нэг жилийн дотор хуваагуур болон бичигчийн дараагийн тохируулга хүртэл туршилтын хүчдэлийн өргөтгөсөн эргэлзээ шиг хэрэглэх боломжтой.  **B.3 3-р жишээ: Аянгын импульсийн хүчдэлийн импульсийн өсөх хугацаа**  Хуваагуур болон тоон системт бичигчээс (10 бит, 100 МС/с) бүрдсэн 2 МВ хүчдэлтэй, импульсийн хүчдэлийг хэмжих X системийн импульсийн өсөх хугацааг 500кВ орчим хүчдэлтэй аянгын импульстэй үеийн жишиг хэмжлийн N системтэй харьцуулах аргаар тохируулдаг (B.1-р зураг). Хэмжлийн импульсийн өсөх хугацаанд зориулсан N системийн дэс дараатай дундаж алдаа нь нэрлэсэн үед ΔT1N = 0,01 µс, өргөтгөсөн эргэлзээ нь UN = 0,02 µс (хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү) болно.  n тоо 10-тай тэнцүү байх, импульсийн өсөх тодорхойлсон хугацаатай аянгын импульсийн хүчдэлийг харьцуулахын тулд хоёр системээр нэг зэрэг бичиж авна. N системд бичсэн ith импульсийн хүчдэлийн импульсийн өсөх бодит хугацааг дараах томьёогоор тодорхойлно.  T1N,i = (t90 – t30) / 0,6, (B.7)  үүнд: t30 болон t90 – N системд үнэлсэн оргил утгын 30 % болон 90 %-ийн хугацааг тус тус тэмдэглэсэн. X системд бичсэн адилхан импульсийн хүчдэлийн импульсийн өсөх T1X,i хугацааг ижил аргаар тооцоолно.  N болон X системд тус бүрд нь хэмжсэн импульсийн өсөх хугацааны ялгааны n тоо 10-тай тэнцүү үеийн импульсийн өсөх дундаж хугацааны ΔT1хазайлтыг дараах томьёогоор үнэлнэ.  (B.8)  Импульсийн өсөх гурван өөр хугацаанд харьцуулалт хийдэг. Нэрлэсэн үеийн хамгийн их, хамгийн бага болон дунд талын өөрөөр хэлбэл, T1 ≈ 0,8 µс, ≈1,2 µс болон ≈1,6 µс хугацаанд харьцуулна. T1 хугацааны гурван утга бүрд ΔT1,j дундаж хазайлтыг тооцоолдог. Гурван ΔT1,j дундаж хазайлтын утгын нийт дунджыг дараах томьёогоор олно.  (B.9)  Өөрөөр хэлбэл, жишиг хэмжлийн N системд хамаарах X системийн импульсийн өсөх хугацааны дундаж алдааг T1 = 0,8 µс … 1,6 µс хязгаарт ΔT1m гэж тэмдэглэнэ.  X системийн алдаанд зориулсан загварын функцийг жишиг хэмжлийн N системийн ΔT1N алдаагаар залруулна.  ΔT1cal = ΔT1m + ΔT1N  (B.10)  Тусдаа утгууд, алдаанууд болон хазайлтуудыг B.5-р хүснэгтэд жагсаан бичсэн бөгөөд B.2-р зурагт нэмэлтээр харуулсан тохируулгаар олдог. | The complete result for the assigned scale factor of the impulse measuring system is  expressed by:  F = 2116 ± 33 = 2116(1 ± 0,016) for a coverage probability of not less than 95 % (k = 2).  The relative expanded uncertainty of the assigned scale factor is U = 1,6 %. Since it contains uncertainty contributions of the long-term stability for one year, it can be applied as the expanded uncertainty of the test voltage until the next calibration of the divider and recorder within 1 year.  **B.3 Example 3: Front time of lightning impulse voltages**  The front time of a 2 MV impulse voltage measuring system X, consisting of a divider and a digital recorder (10 bit, 100 MS/s), is calibrated by comparison with a reference measuring system N at lightning impulses of about 500 kV (Figure B.1). The systematic mean error of N for measuring front times is ΔT1N = 0,01 µs in the nominal epoch, the expanded uncertainty being UN = 0,02 µs (k = 2).  By the comparison, n = 10 lightning impulse voltages, having a specified front time, are recorded simultaneously with both systems. The actual front time of the ith impulse voltage, recorded with system N, is determined by:  T1N,i = (t90 – t30) / 0,6, (B.7)  where t30 and t90 denote the times at 30 % and 90 %, respectively, of the peak value evaluated with system N. The front time T1X,i of the same impulse voltage, recorded with system X, is calculated in the same manner.  From the n = 10 differences of the front times, measured with X and N each, the mean front time deviation, ΔT1, is evaluated by:  (B.8)  The comparison is performed for three different front times: the maximum, minimum and medial values of the nominal epoch, i.e. for T1 ≈ 0,8 µs, ≈1,2 µs and ≈1,6 µs. For each of the three T1 values, the mean deviation ΔT1,j is calculated. The overall mean of the three ΔT1,j values is:  (B.9)  In other words, ΔT1m denotes the mean front time error of system X, related to the reference system N, in the range T1 = 0,8 µs … 1,6 µs.  The model function for the error of system X, corrected by the error ΔT1N of the reference system N, is:  ΔT1cal = ΔT1m + ΔT1N  (B.10)  The individual values, errors and deviations, obtained by the calibration, are listed in Table B.5 and additionally shown in Figure B.2. |

**B.5-р хүснэгт – Импульсийн өсөх T1 хугацаа болон хазайлтуудад зориулсан тохируулгын үр дүн**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Утга** | | |
| T1N,j | µс | 0,80 | 1,20 | 1,60 |
| T1X,j | µс | 0,73 | 1,17 | 1,61 |
| s(T1X,j) | µс | 0,015 | 0,01 | 0,01 |
| ΔT1,j | µс | -0,07 | -0,03 | 0,01 |
| **ΔT1m** | **µс** | **-0,03** | | |

**Table B.5 – Calibration result for front time T1 and deviations**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Утга** | | |
| T1N,j | µs | 0,80 | 1,20 | 1,60 |
| T1X,j | µs | 0,73 | 1,17 | 1,61 |
| s(T1X,j) | µs | 0,015 | 0,01 | 0,01 |
| ΔT1,j | µs | -0,07 | -0,03 | 0,01 |
| **ΔT1m** | **µs** | **-0,03** | | |

|  |  |
| --- | --- |
| T1X,j хазайлтын гурван утгын хамгийн их стандарт хазайлтаас A төрлийн эргэлзээг дараах байдлаар тооцоолно.    (B.11)  Загварын функцид T1X гишүүнийг шууд дурдаагүй учраас эргэлзээний төсөвт uA(T1X) гишүүнийг салангид хэмжигдэхүүн шиг оруулсан (B.6-р хүснэгт).  T1X,j хазайлтын гурван салангид утгын хамгийн их хазайлт, тэдгээрийн дундаж ΔT1m утгаас B төрлийн стандарт эргэлзээг дараах байдлаар тооцоолно.    (B.12)  Оролтын бүх хэмжигдэхүүний утга болон стандарт эргэлзээг загварын тэнцэтгэлийн баруун талд оруулна (B.7-той B.8). Загварын тэнцэтгэлийг A хавсралтад өгсөн тэнцэтгэлийг ашиглан гар аргаар, эсвэл эргэлзээг тооцоолоход зориулан баталгаажуулсан байх шаардлагатай тусгай программ хангамжийн тусламжтай үнэлэх боломжтой. Үнэлгээний үр дүнг B.6-р хүснэгтэд нэгтгэсэн. Хүснэгтийн сүүлийн мөрөнд дундаж ΔT1cal алдаа, энэ алдааны нийлмэл стандарт эргэлзээ болон чөлөөт үр дүнтэй зэргийг бичсэн. Чөлөөт үр дүнтэй зэргийн 1700-тай тэнцүү их утга нь дундаж ΔT1cal алдааны боломжит утгуудын энгийн хуваарилалтыг заах учраас хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү нь хүчинтэй байна (A хавсралт, A.1-р хүснэгтийг үзнэ үү). | From the maximum standard deviation of the three T1X,j values, the Type A standard uncertainty is calculated by:    (B.11)  Since T1X is not mentioned directly in the model function, uA(T1X) is entered as a separate quantity in the uncertainty budget (Table B.6).  The maximum deviation of the three individual T1X,j values from their mean ΔT1m gives the Type B standard uncertainty:    (B.12)  The values and standard uncertainties of all input quantities are entered on the right side of the model equation (B.8 with B.7). The model equation can be evaluated manually, using the equations given in Annex A, or with the aid of special software which should be validated for calculating uncertainties. The result of the evaluation is summarised in Table B.6. In the last line, the mean error ΔT1cal, its combined standard uncertainty and the effective degrees of freedom are given. The large value νeff = 1700 indicates normal distribution of the probable values of ΔT1cal, and thus k = 2 is valid (see Annex A, Table A.1). |

**B.6-р хүснэгт – Импульсийн өсөх хугацааны ΔT1cal хазайлтын эргэлзээний төсөв**

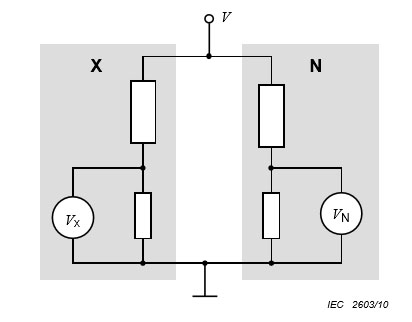
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хэмжигдэхүүн** | **Утга**  **µс** | **Стандарт эргэлзээний нэмэр**  **µс** | **Чөлөөт зэрэг** | **Мэдрэмжийн коэффициент** | **Нийлмэл стандарт эргэлзээнд нэмэгдэх нэмэр** |
| ΔT1N | 0,01 | 0,01 1) | 50 | 1 | 0,01 |
| ΔT1m | -0,03 | 0,0231 2) | ∞ | 1 | 0,023 |
| uA (T1X) | 0,0 | 0,00474 1) | 9 | 1 | 0,0047 |
| **ΔT1cal** | **-0,020 µс** |  | **1700** |  | **0,0256 µс** |
| 1)Энгийн хуваарилалт.  2) Тэгш өнцөгт хуваарилалт | | | | | |

**Table B.6 – Uncertainty budget of the front time deviation ΔT1cal**

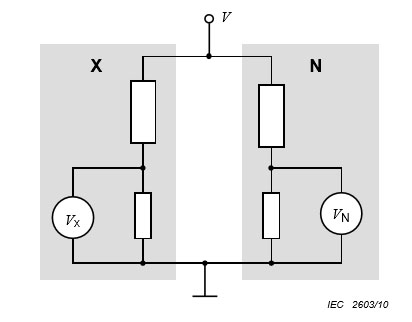
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Qyantity** | **Value**  **µs** | **Standard uncertainty contribution**  **µs** | **Degrees of freedom** | **Sensitivity coefficient** | **Contribution to combined standard uncertainty** |
| ΔT1N | 0,01 | 0,01 1) | 50 | 1 | 0,01 |
| ΔT1m | -0,03 | 0,0231 2) | ∞ | 1 | 0,023 |
| uA (T1X) | 0,0 | 0,00474 1) | 9 | 1 | 0,0047 |
| **ΔT1cal** | **-0,020 µs** |  | **1700** |  | **0,0256 µs** |
| 1) Normal distribution.  2) Rectangular distribution. | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Эцэст нь тохируулгын иж бүрэн үр дүнг дараах байдлаар илэрхийлдэг. 95%-аас багагүй хамруулах магадлалын хувьд (хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү) үр дүн нь:  ΔT1cal = -0,020 µс ± 0,051 µс болно.  Өөрөөр хэлбэл, нэрлэсэн үед X системд хэмжсэн импульсийн өсөх хугацаа нь -0,02 µс-ээр бага байна. Импульсийн хүчдэлийн хэмжилд X системийг хэрэглэх үед хэмжсэн T1meas утгад 0,02 µс-ыг нэмж, импульсийн өсөх залруулсан T1cor хугацааг гаргана. Хэрэв импульсийн өсөх хугацаанд дараа нь нэмэр нэмэгдэхгүй бол залруулсан T1cor хугацааны өргөтгөсөн эргэлзээ 0,051 µс болно (хамруулах k коэффициент 2-той тэнцүү).  Харьцуулалтын явцын хүрээнүүдээс өөр хүрээнд X системийн тоон системт бичигчийг хэрэглэсэн үед эргэлзээний нэмэлт нэмрийг үүсгэх боломжтой. t30 болон t90 хугацааны үр нөлөөг дүгнэх шаардлагатай бөгөөд T1 хугацааныүндэслэлтэй хазайлтыг (B.7)-р тэнцэтгэлийн дагуу тооцоолох хэрэгтэй. (B.7)-р тэнцэтгэлээс B төрлийн стандарт нийцсэн эргэлзээг эргэлзээний төсөвт оруулсан. | Finally, the complete result of the calibration is expressed as follows:  ΔT1cal = -0,020 µs ± 0,051 µs for a coverage probability of not less than 95 % (k = 2).  In other words: The front times measured with system X in the nominal époque are too small by -0,02 µs. When system X is used for impulse voltage measurements, the corrected front time T1cor is obtained by adding 0,02 µs to the measured value T1meas. If no further contributions to the front time need to be considered, the expanded uncertainty of T1cor is 0,051 µs (k = 2).  Additional uncertainty contributions may originate when the digital recorder of system X is used in ranges different from those during the comparison. The effect on t30 and t90 shall be estimated and a reasonable deviation of T1 be calculated according to Equation (B.7) from which the corresponding Type B standard uncertainty is introduced in the uncertainty budget. |

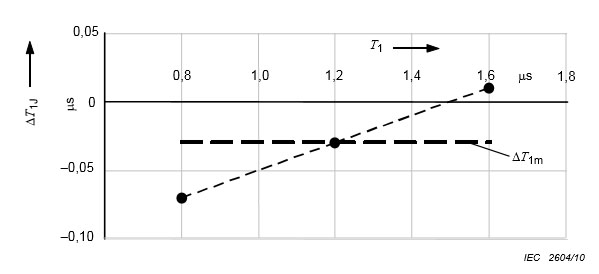
**B.1-р зураг - Туршилт хийж байгаа X систем болон жишиг N системийг хооронд нь харьцуулах**

****

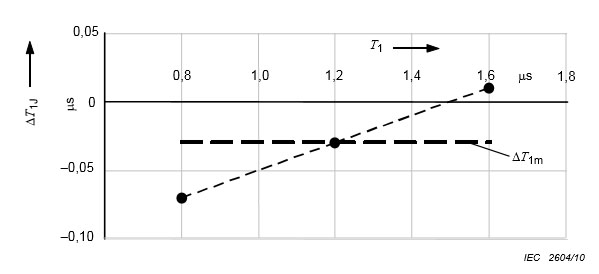
**Figure B.1 – Comparison between the system under test, X, and the reference system, N**

****

**B.2-р зураг – Жишиг N системд хамаарах X системийн импульсийн өсөх хугацааны ΔT1,j хазайлт болон системүүдийн T1=0.8 µс ......1.6 µс хүрээнд байх дундаж T1m**

****

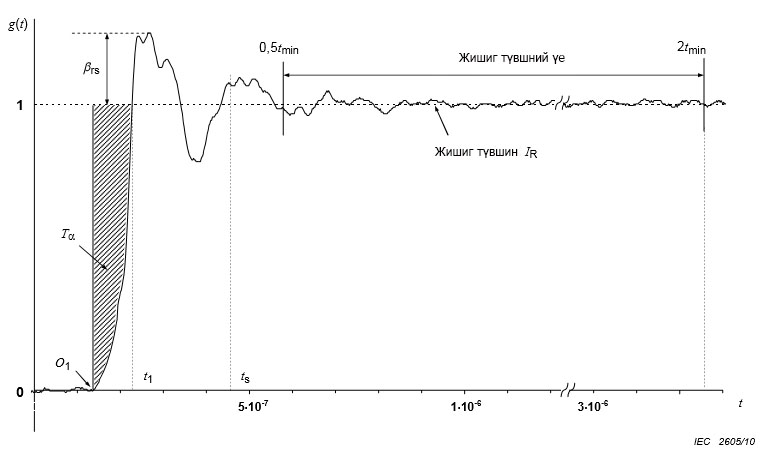
**Figure B.2 – Front time deviation ΔT1,j of system X, related to the reference system N, and their mean ΔT1m in the range of T1 = 0,8 ms … 1,6 ms**

****

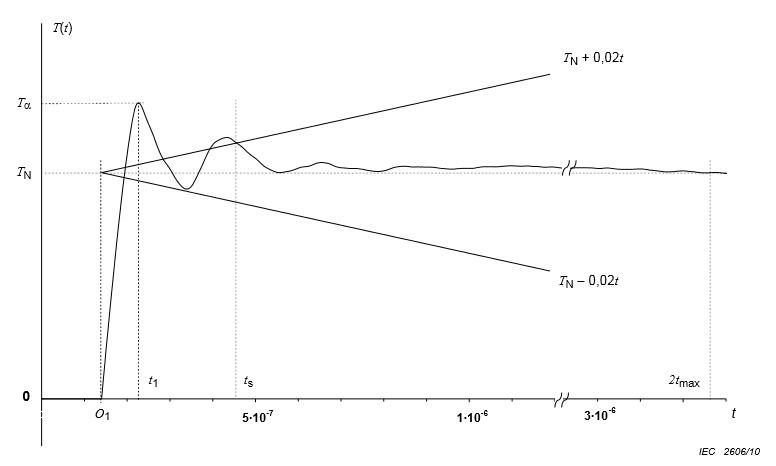
|  |  |
| --- | --- |
| **C хавсралт**  (мэдээллийн)  **Алхмын хариуг хэмжих**  **C.1 Ерөнхий зүйл**  Алхмын хариуг хэмжих нь импульсийн хүчдэл хуваагуур, импульсийн осциллоскоф эсвэл тоон системт бичигчийг тодорхойлох уламжлалт арга юм. Нэгж алхмын хариуны параметрүүд болон импульсийн хүчдэлийн алдаагүй хэмжлийн хооронд шууд харилцан хамаарал байхгүй учраас тухайн хэмжил нь энэ стандартын шаардлагад нийцэх үүргээ гүйцэтгэж чадахгүй. Гэхдээ харьцуулах хэмжилтэй (8.4.2, 9.3.2) холбоотой динамик төлөв, ялангуяа хуваагуур болон хэмжих хэрэгслийн хөгжлийг тодорхойлоход энэ арга нь чухал хэвээр байдаг. Түүнчлэн динамик төлөвийн гүйцэтгэлийн шалгалтад (8.5.3 болон 9.5.3) энэ аргыг хэрэглэнэ.  Конволюцийн аргаар (D хавсралт) хугацааны параметрийг хэмжсэн үеийн алдааг дүгнэхэд нэгж алхмын хариуны тодорхой мэдлэг шаардлагатай.  **C.2 3-р Зүйлд нэмэх тодорхойлолт**  **C.2.1**  **жишиг түвшин (зөвхөн импульсийн хэмжилд)**  **lR**  жишиг түвшний үед өөрөөр хэлбэл, 0,5tmin - 2tmax хүртэл хязгаарт хийсэн алхмын хариуны дундаж утга (C.2.10 болон C.1a-р зургийг үзнэ үү)  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем нэгээс олон жишиг түвшинтэй байж болно, жишээ нь, хариуны түвшин өөрчлөгдсөний улмаас өөр хэлбэлзлийн хэлбэрүүдэд зориулсан ялгаатай хуваарийн коэффициентуудтай байж болно (3.5.4 болон C.1a-р зургийг үзнэ үү).  **C.2.2**  **алхмын хариуны эх үүсвэр**  **O1**  алхмын муруй нь (нэгж) алхмын хариуны тэг түвшинд байх шуугианы далайцаас дээш нэг хэвийн өсөлтийг анх эхлэх үеийн эгшин (C.1a-р зургийг үзнэ үү).  1-Р ТАЙЛБАР: Нэгж алхмын хариу нь зарим тохиолдолд эхний гажилттай эхэлдэг (C.2-р зураг). Энэ үед алхмын хариуны O1 эх үүсвэрийг тэг шугамтай нэгж алхмын хариуны нэг хэвийн өсөлтийн цэгээс доош чиглэсэн өргөтгөлийг хөндлөн огтлох цэгт тодорхойлох хэрэгтэй. Тэг шугам болон O1 эх үүсвэр хүртэлх нэгж алхмын хариу хоорондын хэсэг талбай(ууд)д нийцсэн T0 параметрээр (эхний гажилтын хугацаа) эхний гажилтыг тодорхойлж болно.  2-Р ТАЙЛБАР: Хугацааны бүх утгыг (T0 хугацаанаас бусад) O1 эх үүсвэрээс хэмжинэ.  **C.2.3**  **нэгж алхмын хариу,**  **g(t)**  жишиг түвшин нь нэгж болсон бөгөөд тэг шугам тэг хэвээр үлдэхээр хэмжээ тогтоосон алхмын хариу (C.1a-р зураг).  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн систем нь жишиг түвшин бүрд зориулсан нэгж хэмжлийн хариутай байна. Алхмын хариуны O1 эх үүсвэр нь нэгж алхмын хариуны эх үүсвэртэй адилхан байдаг.  **C.2.4**  **алхмын хариуны интеграл**  **T(t)**  O1 эх үүсвэрээс нэг хасах нэгж алхмын g(t) хариуны t хугацаа хүртэлх интеграл (C.1b-р зургийг үзнэ үү) бөгөөд дараах томьёогоор олно:  t  T(t) = ᶴ (1-g(Ƭ))dƬ  O1 (C.1)  **C.2.5**  **туршилтын хариуны хугацаа**  **TN**  2·tmax хугацаан дахь алхмын хариуны интегралын утга бөгөөд дараах томьёогоор олно:  TN=T(2·tmax). (C.2)  **C.2.6**  **хэсэгчилсэн хариуны хугацаа**  **Tα**  C.1a-р зургийн тодруулсан хэсэгтэй тэнцүү, t хугацаа нь 2·tmax хугацаанаас (C.1b-р зургийг үзнэ үү) бага буюу тэнцүү байх алхмын хариуны интегралын хамгийн их утга  ТАЙЛБАР: t1 хугацаа нэгж алхмын хариу нэгж далайцад хүрэх үеийн хугацаа байх үед хэсэгчилсэн хариуны Tα хугацаа нь T(t1) хугацаатай ихэнхдээ тэнцүү байна (C.1a-р зургийг үзнэ үү).  **C.2.7**  **хариуны үлдэгдэл хугацаа,**  **TR(ti)**  ti хугацаа 2·tmax хугацаанаас бага байхад зарим тодорхой хугацаан дахь алхмын хариуны интегралын хасах утгын туршилтын хариуны TN хугацаа бөгөөд дараах томьёогоор олно:  TR(ti)=TN-T(ti). (C.3)  **C.2.8**  **нэгж алхмын хариуны хэтэрсэн хэмжээ,**  **βrs**  нэгж алхмын хамгийн их gmax(t) хариу болон нэгжийн хувиар авсан нэгж хоорондын зөрүү (C.1a-р зураг) бөгөөд дараах томьёогоор олно:  βrs =100 % (gmax (t)-1). (C.4)  **C.2.9**  **тогтворжилтын хугацаа**  **ts**  хариуны үлдэгдэл TR(t) хугацаа нь t хугацааны 2% болох, 2%-аас бага үлдэхэд зориулсан хамгийн богино хугацаа бөгөөд дараах томьёогоор олно:  | TN - T(t) | < 0,02t (C.5)  O1 эх үүсвэрээс импульсийн хүчдэлийн хагас утгад хүрэх хамгийн урт T2max хугацааны утга хүртэлх үед t хугацааны хэмжих шаардлагатай бүх утгад энэ томьёог зориулсан (C.1b-р зургийг үзнэ үү).  **C.2.10**  **жишиг түвшний үе** (зөвхөн импульсийн хүчдэлд)  алхмын хариуны жишиг түвшнийг нэрлэсэн үеийн ( 0,5tmin) доод хязгаарыг 0,5 дахин авсантай тэнцүү байх алхмын хариуны доод хязгаарт, мөн нэрлэсэн үеийн (2tmax) дээд хязгаарыг 2 дахин авсантай тэнцүү байх алхмын хариуны дээд хязгаарт тодорхойлсон алхмын хариуны жишиг түвшин дэх хугацааны интервал  **C.3 Алхмын хариуны хэмжилд зориулсан хэлхээ**  Алхмын хариуг тодорхойлоход хэрэглэдэг хэлхээний схемийг гүйцэтгэлийн бичлэгт тайлбарласан байх шаардлагатай бөгөөд энэ схем нь ажлын нөхцөлтэй аль болох адилхан байвал зохино.  Тохиромжтой хэлхээг C.3-р зурагт харуулсан. Давууд тооцсон хэлхээг C.3a-р зурагт үзүүлсэн бөгөөд шатлалт генераторыг металл хана эсвэл газардуулгын дамжуулагч болдог, хамгийн багадаа 1 метрийн өргөнтэй металл туузан дамжуулагчид байрлуулсан.  Хэмжлийн системд алхам үүсгэхийн тулд аажим өсгөх импульс эсвэл реле буюу завсраар хэрчсэн тогтмол хүчдэлийг өгдөг (C.3d-р зургийг үзнэ үү). Хэрчилтийн дараах аргыг хүлээн зөвшөөрөх боломжтой гэж үзсэн. Үүнд:  - мөнгөн усанд дэвтээсэн контакттай релегээр хэрчихэд хэдэн зуун Вольт хүртэл алхмууд үүсгэнэ,  - хэдэн миллиметр хүртэл зайтай атмосферийн даралттай агаарт байх нэгэн хэвийн талбайн завсраар хэрчихэд хэд кило Вольт хүртэл алхмууд үүсгэнэ,  - хийн өсгөсөн даралттай үед хэдэн миллиметр хүртэл зайтай нэгэн хэвийн завсраар хэрчихэд хэдэн арван кило Вольт хүртэл алхмууд үүсгэнэ.  Давталтын генератор ашиглан алхмыг үүсгэсэн үед алхмын үргэлжлэх хугацаа болон алхмуудын хоорондын интервалыг ганц түлхэцэд хамааруулан оруулсан нэмэлт алдаагүй сонгох хэрэгтэй.  **C.4 Бүрэлдэхүүн хэсгийн алхмын хариунд тавих шаардлага**  Ихэнхдээ хувиргах төхөөрөмж эсвэл бичигч хэмжих хэрэгсэл байх бүрэлдэхүүн хэсгийг хүчдэлийн алхамд туршиж, энэ бүрэлдэхүүн хэсгийн гаралтыг хэмждэг. Хэрэглэсэн алхмын өсөх хугацаа нь хэсэгчилсэн хариуны Tα хугацааны 1/5-ээс бага байвал зохино. Бага хэмжээтэй хэлбэлзлүүдийн нөлөө болон алхмын хариунд давхардсан шуугианыг багасгахын тулд алхмын хариуны бичиж авсан өгөгдлийг бага зэрэг тэгшитгэхийг зөвлөдөг.  Сонгосон жишиг түвшний үеийн хязгаарт нэгж алхмын хариуг нэгжээс ±2 %-аас ихээр хазайлгаж болохгүй. Хэрэв хэрэглэсэн tf хугацаа нэрлэсэн түвшний үеийн хүрээний гадна талд байвал тогтоосон хуваарийн коэффициентын хэмжилд хэрэглэдэг хүчдэлийн хэлбэлзлийн нийцэх хэлбэрийн tf хугацаанд байх нэгж алхмын хариуг жишиг түвшнээс ±1 %-аас ихээр хазайлгаж болохгүй. Тогтоосон хуваарийн коэффициентыг тодорхойлоход аянгын бүтэн импульсийг хэрэглэсэн үед tf хугацаа нь импульсийн өсөх хугацааг 2 дахин авсан 2T1 хугацаатай тэнцүү байна. Урд хэсэгтээ хэрчигдсэн аянгын импульсийн хүчдэлийг хэрэглэсэн үед tf хугацаа нь импульсийг хэрчих хугацааг 2 дахин авсан 2Tc хугацаатай тэнцүү болно. Тогтмол хүчдэл хэрэглэсэн үед tf хугацаа нь 100 милли секундтэй тэнцүү байдаг. Хувьсах хүчдэл хэрэглэсэн үед tf хугацаа нь хүчдэлийн хэлбэлзлийн үеийн дөрөвний нэгтэй тэнцүү байна.  Импульсийн хүчдэлийн жишиг хэмжлийн системийн алхмын хариунд тавих шаардлагын хувьд 10.2.3-ыг үзнэ үү. | **Annex C**  (informative)  **Step response measurements**  **C.1 General**  Step response measurement is a traditional method to characterize an impulse voltage divider, an impulse oscilloscope or a digital recorder. Because there is no direct correlation between unit step response parameters and correct measurement of impulse voltages, it lost its role for the requirements of this standard, but remains important for characterizing the dynamic behaviour in connection with comparison measurements (8.4.2, 9.3.2) and especially for the development of dividers and instruments. Furthermore it is applied for performance checks of the dynamic behaviour (see 8.5.3 and 9.5.3).  For the estimation of errors in time parameter measurement by convolution (Annex D), the precise knowledge of the unit step response is necessary.  **C.2 Definitions in addition to Clause 3**  **C.2.1**  **reference level (impulse measurements only),**  **lR**  mean value of the step response taken over the reference level epoch (see C.2.10 and Figure C.1a), i.e., over the range of 0,5tmin to 2tmax  NOTE A measuring system may have more than one reference level, for example, it may have different scale factors for different waveforms due to the variation of the response level (see 3.5.4 and Figure C.1a).  **C.2.2**  **origin of a step response,**  **O1**  instant when the response curve firstly starts a monotonic rise above the amplitude of the noise at the zero level of the (unit) step response (see Figure C.1a).  NOTE 1 In some cases the unit step response starts with an initial distortion (Figure C.2). Then the origin O1 should be determined at the crossing of the downward extension from the point of monotonic increase of the unit step response with the zero line. The initial distortion may be characterized by a parameter T0 (initial distortion time) which corresponds to the partial area(s) between the zero line and the unit step response up to O1.  NOTE 2 All the time values (except T0) are measured from the origin O1.  **C.2.3**  **unit step response,**  **g(t)**  step response normalized such that a reference level becomes unity and the zero level remains zero (Figure C.1a).  NOTE A measuring system has a unit step response for each reference level. The origin O1 of the step response is identical with that of the unit step response.  **C.2.4**  **step response integral,**  **T(t)**  integral from O1 to t of one minus the unit step response g(t) (see Figure C.1b):  t  T(t) = ᶴ (1-g(Ƭ))dƬ  O1  (C.1)  **C.2.5**  **experimental response time,**  **TN**  value of the step response integral at 2·tmax:  TN=T(2·tmax). (C.2)  **C.2.6**  **partial response time,**  **Tα**  maximum value of the step response integral for t ≤ 2·tmax (see Figure C.1b) equal to the shaded area in Figure C.1a  NOTE Usually Tα = T(t1) where t1 is the time when g(t) first reaches the unit amplitude (see Figure C.1a).  **C.2. 7**  **residual response time,**  **TR(ti)**  experimental response time TN minus the value of the step response integral at some specific time ti where ti < 2·tmax:  TR(ti)=TN-T(ti). (C.3)  **C.2.8**  **overshoot of the unit step response,**  **βrs**  difference between the maximum gmax(t) and unity as a percentage of unity (Figure C.1a):  βrs =100 % (gmax (t)-1). (C.4)  **C.2.9**  **settling time,**  **ts**  shortest time for which the residual response time TR(t) becomes and remains less than 2 % of t:  | TN - T(t) | < 0,02t (C.5)  for all values of t in the epoch from O1 to the longest time-to-half value T2max of the impulse voltage to be measured (see Figure C.1b).  **C.2.10**  **reference level epoch** (impulse voltage only)  time interval in which the reference level of the step response is determined with its lower limit being equal to 0,5 times of the lower limit of the nominal epoch ( 0,5tmin) and its upper limit being equal to 2 times the upper limit of the nominal epoch (2tmax)  **C.3 Circuit for step response measurements**  The circuit arrangement used for determining the step response should be described in the record of performance and should be as near as possible to the operating conditions.  Suitable circuits are shown in Figure C.3. The preferred circuit is shown in Figure C.3a where the step generator is placed at a metallic wall or at a metallic strip conductor at least 1 m wide, which serves as the earth return.  To generate the step the measuring system is supplied by either a slowly rising impulse or a direct voltage which is chopped by a relay or a gap (see Figure C.3d). The following methods of chopping have been found acceptable:  – by a relay with mercury-wetted contacts: this gives steps up to some hundreds of volts,  – by a uniform field gap in air at atmospheric pressure with a spacing up to some millimetres: this gives steps up to several kilovolts,  – by a uniform gap with a spacing up to some millimetres under increased gas pressure: this gives steps up to some tens of kilovolts.  When the step is generated using a repetitive generator, the duration of the step, and of the interval between steps shall be chosen such that no additional errors are introduced with respect to a single pulse.  **C.4 Requirements for the step response of a component**  The component, normally a converting device or a recording measuring instrument, is subjected to a voltage step and its output is measured. The rise time of the applied step should be less than 1/5 of the partial response time Tα. Slight smoothing of the recorded data of the step response is recommended to reduce the influence of small oscillations and noise superimposed on the step response.  The unit step response within the selected reference level epoch should not deviate from unity by more than ±2 %. The unit step response, at the time of the corresponding voltage waveform, tf, used for the measurement of the assigned scale factor, should not deviate from the reference level by more than ±1 % if tf used falls outside the range of the nominal level epoch. When a full lightning impulse voltage is used in determination of the assigned scale factor, tf is equal to 2T1, which is 2 times of the front time of the impulse. When a front chopped lightning impulse voltage is used, tf is equal to 2Tc, which is 2 times of the time to chopping of the impulse. When a switching impulse is used, tf is equal to Tp, which is the time to peak of the impulse. When a direct voltage is used, tf is equal to 100 ms. When and alternating voltage is used, tf is equal to one quarter of the period of the voltage.  For step response requirements of impulse voltage reference measuring systems, see 10.2.3. |

**C.1-р зураг - Хариуны параметрүүдийн тодорхойлолт**

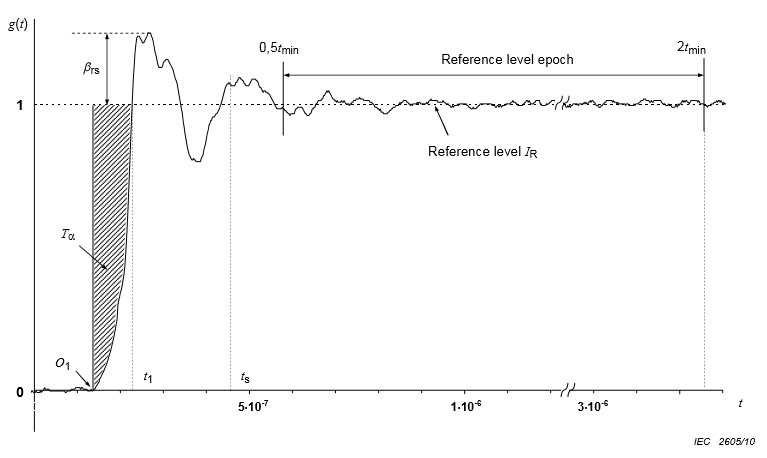
**C.1a-р зураг**

****

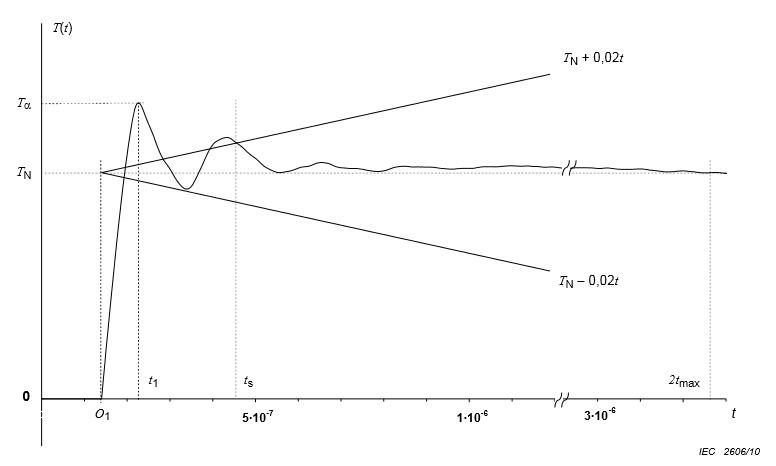
**C.1b-р зураг**

****

**Figure C.1a -**

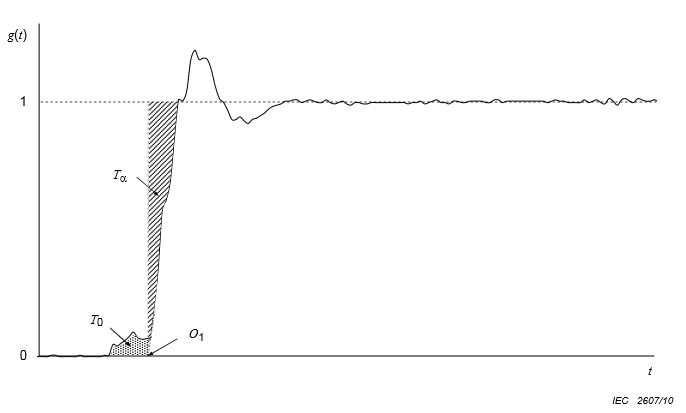
****

**Figure C.1b –**

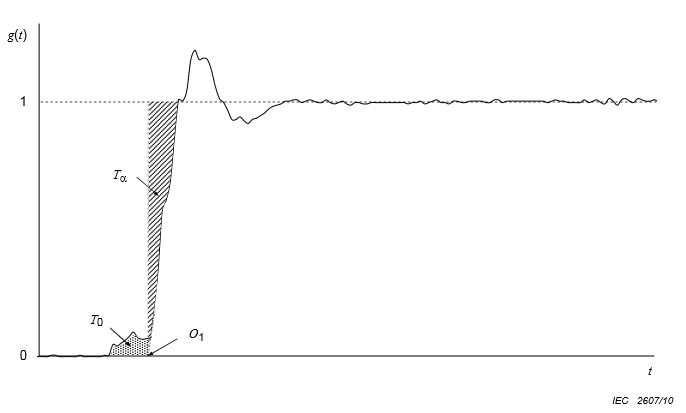
****

**Figure C.1 - Definitions of response parameters**

**C.2-р зураг – Гажилтын эхний T0 хугацааны эхний гажилтыг харуулах нэгжийн алхмын хариу g(t)**

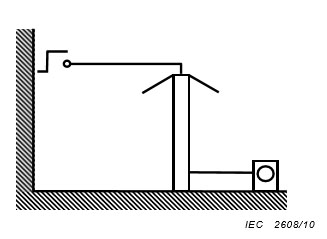
****

**Figure C.2 - A unit-step response g(t) showing an initial distortion of initial distortion time T0**

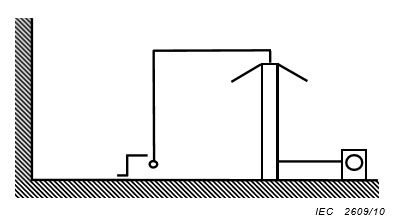
****

**C.3-р зураг – Алхмын хариуны хэмжилд зориулсан тохиромжтой хэлхээ**

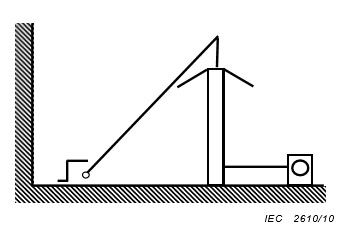
**C.3a-р зураг – Давууд тооцсон монтаж**

****

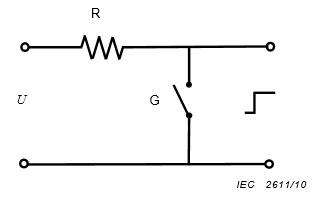
**C.3b-р зураг – Том хэмжээтэй хуваагуурт зориулан давууд тооцсон монтаж**

****

**C.3c-р зураг – Том хэмжээтэй хуваагуурт зориулсан өөр монтаж**

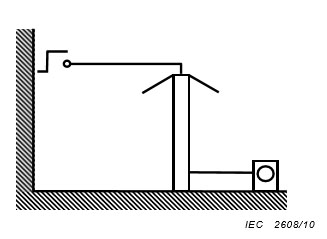
****

**C.3d-р зураг – Алхмын нийтлэг генераторын хэлхээ**

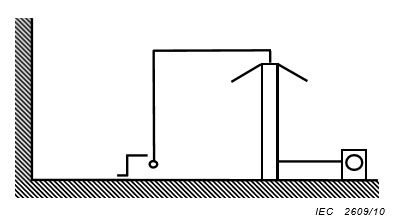
****

ТАЙЛБАР: G үсгээр алхмыг үүсгэх хэрчилтийн төхөөрөмжийг тэмдэглэсэн.

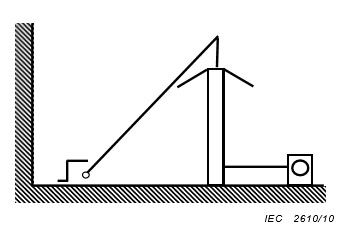
**Figure C.3a – Preferred arrangement**

****

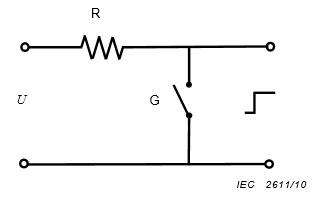
**Figure C.3b – Preferred for large dividers**

****

**Figure C.3c – Alternative for large dividers**

****

**Figure C.3d – A typical step generator circuit**

****

NOTE G is the chopping device to generate the step.

**Figure C.3 –** **Suitable circuits for step response measurement**

|  |  |
| --- | --- |
| **D хавсралт**  (мэдээллийн)  **Алхмын хариуны хэмжлээс динамик төлөвийг тодорхойлоход зориулсан конволюцийн арга**  **D.1 Ерөнхий зүйл**  Импульсийн хүчдэлийн хуваагуур, тоон системт бичигчийн үнэлэх эсвэл импульсийн хүчдэлийн иж бүрэн хэмжлийн системийн динамик үзүүлэлтийг дээрх төхөөрөмжүүдийн алхмын хариунаас үнэлэхэд конволюцийн аргыг хэрэглэдэг (C хавсралт).  Оролтын импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрээс тухайн хэмжлийн системийн гаралтын импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийг тооцоолоход хэмжлийн системийн алхмын хариуг конволюцийн аргад хэрэглэнэ. Хэмжих шаардлагатай тусгай хэлбэлзлийн хэлбэрт зориулсан хэмжлийн системийн гүйцэтгэлийг үнэлэхэд оролтын хэлбэлзлийн хэлбэрт хамаарах гаралтын хэлбэлзлийн хэлбэрийн импульсийн параметрүүдийн алдааг хэрэглэсэн байж болно.  Конволюцийн аргад хэмжлийн системийн алхмын хариуг алдаагүй хэмжсэн, тооцоололд хэрэглэсэн оролтын хэлбэлзлийн хэлбэр нь хэмжих шаардлагатай бодит импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийг төлөөлсөн гэж таамагладаг.  **D.2 Конволюцийн арга**  Хэрэв импульсийн хэмжлийн системийн оролтын импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэр болон нэгж (хэмжээ тогтоосон) алхмын хариу (C хавсралт) нь Vin(t) ба g(t) бол Vout(t) гаралтыг конволюцийн дараах интегралаар илэрхийлэх боломжтой.  (D.1)  үүнд: t – хугацаа, Vin’(t) – оролтын импульсийн хүчдэлийн хэлбэлзлийн Vin(t) хэлбэрийн нэгдүгээр уламжлал болно.  Хэрэв g(t) хариу болон Vin(t) хэлбэрийг түүвэрлэлтийн адил интервалтай түүвэрлэсэн, g(t) хариуны түүвэрлэлтийн тоо нь Vin(t) хэлбэрийн түүвэрлэлтийн тоотой ижил бол конволюцийн үргэлжилсэн (D.1) интеграл конволюцийн дискрет нийлбэрийн нөхцөлт хэлбэрээс хасагдана.    i = 0, 1, 2, …, n–1 (D.2)  үүнд:  Vout(i) – дискрет гаралтын нум;  V´in(i) – оролтын нумын нэгдүгээр уламжлал;  g(i) – нэгж алхмын хариуны нум;  n – оролтын нумын түүвэрлэлтийн дугаар; бөгөөд  Δt – оролт болон гаралтын нум, алхмын хариуны нумын түүвэрлэлтийн интервал байна.  **D.3 Конволюцийн тооцооллыг гүйцэтгэх горим**  Энэ горимыг (D.2)-р тэнцэтгэлээр тайлбарласан дискрет конволюцийн нийлбэрт үндэслэсэн. Тоон импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийг хэрэглэсэн компьютерийн тусламжтай хийсэн тооцоололд энэ горимыг хэрэглэдэг. Импульсийн хэмжлийн системийн оролтын хэлбэлзлийн хэлбэрт хамаарах гаралтын импульсийн параметрүүдийн алдааг дүгнэхэд энэ горимыг мөн хэрэглэнэ. Энд бичсэн горимоор тооцооллын гол алхмуудыг тайлбарласан. Эдгээр алхам нь:  a) i = 0, 1, 2, …, n–1 дугаарт зориулсан оролтын импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийн Vin(i) нумыг гаргаж, оролтын импульсийн параметрүүдийг тооцоолно.  b) оролтын импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийг түүвэрлэх хурд нь нэгж алхмын хариуны тоотой тэнцүү түүвэрлэлтийн тоо бүхий нэгж алхмын хариуны хурдтай адил байх хэрэгтэй (c алхмыг харна уу). Оролтын хэлбэлзлийн хэлбэр нь тасралтгүй хэлбэлзлийн хэлбэр байх шаардлагатай бөгөөд шуугианы хамгийн өндөр давтамж нь Найквистын давтамжаас (импульсийн нумын түүвэрлэлтийн давтамжийн хагас) доош нэлээд бага байвал зохино. Оролтын хэлбэлзлийн тасралтгүй хэлбэрийн нум болон энэ нумын импульсийн параметрүүдийг дараах аргаар гаргах боломжтой. Үүнд:  1) жишээ нь, төгс илтгэгч хоёр функцийн үелэл зэрэг импульсийн аналитик илэрхийллээс гаргаж болно. Хэлбэлзлийн энэ хэлбэрийн импульсийн параметрүүдийг нь аналитик илэрхийллээс эсвэл импульсийн хэмжлийн системийг шалгасан импульсийн тооцооллын программаас гаргах боломжтой.  2) эсвэл нарийн тодорхойлох чадвартай нам давтамжийн тоон шүүлтүүр эсвэл дискрет интервалын куб сплайнаар тохируулсан алгоритмээр тэгшитгэсэн бодит хэлбэлзлийн бичиж авсан хэлбэрээс гаргаж болно. Хэлбэлзлийн энэ хэлбэрийн импульсийн параметрүүдийг импульсийн хэмжлийн системийг шалгасан импульсийн тооцооллын программаас гаргах боломжтой.  c) Тоон томьёогоор оролтын импульсийн хэлбэлзлийн Vin(i) хэлбэрийн for i = 0, 1, 2, …, n–1-д зориулсан нэгдүгээр V´in(i) уламжлалыг гаргах.  d) i = 1, 2, …, m–1 and m = n+j-ийн хувьд нэгж алхмын хариуны g(i) нумыг гаргах, үүнд j – бичиж авсан алхмын хариуны O1 эх үүсвэрээс өмнөх өгөгдлийн цэгийн тоо болно.  1) Алхмын хэмжсэн хариунд хэмжээ тогтоох аргаар нэгж алхмын хариуг гаргах (C хавсралт).  Конволюцийн аргын шаардлагад зориулсан нам шуугиантай нэгж алхмын хариуг тодорхойлохын тулд алхмын хариуны хэд хэдэн бичлэгийн дунджийг хэрэглэж болно. Хэрэв конволюцийн аргын тооцоололд (D.2)-р тэнцэтгэлийг хэрэглэсэн, импульсийн Vin(i) нумыг хэдийнэ тэгшитгэсэн бол нэгж алхмын хариуны g(i) нумыг тэгшитгэх нь асуудал арай багатай байдаг.  2) Алхмын хэрчмийг эхлэхээс өмнө бичиж авсан алхмын хариуны s(i) нумын түүврүүдийн дунджийг олж, алхмын хариуны тэг l0 түвшнийг гаргах.  3) Хэмжлийн системийг хэрэглэх шаардлагатай, мөн хувиргах төхөөрөмжийн хуваарийн коэффициентыг тодорхойлох хэрэгтэй давтамжийг тусгасан хугацаа хүртэл импульсийн өсөх хамгийн богино хугацааг оруулсан хугацааны хүрээний хязгаарт бичиж авсан алхмын хариуны s(i) нумын түүврүүдийн дунджийг олж, алхмын хариуны жишиг lR түвшнийг гаргах.  4) Дараах томьёог ашиглан, алхмын хариуны s(i) нумыг түр зуурын нэгж алхмын хариуны g0(i) нумд хэмжээ тогтооно.  (D.3)  5) Алхмыг эхлэхээс өмнө g0(i) нумын түүврүүдийн стандарт d0 хазайлтыг олсноор тэг түвшин дэх шуугианы далайцыг олно. g0(i) нумыг төгсгөлөөс нь буцаан шалгаж, стандарт d0 хазайлтыг гурав дахин авснаас их утгатай түүврийг олно. Энэ түүврийн хугацааг g0(i) нумын O1 эх үүсвэрийнхтэй адилаар тогтоодог. Энэ түүврийн индексийг j-д тодорхойлно.  6) Эх үүсвэрээс өмнө g0(i) нумын түүврүүдийг хасаж, эх үүсвэрээс нэгж алхмын g(t) хариуг олно. Өөрөөр хэлбэл:  g(i-j)=g0 (i), i=j,…, m+j-1 (D.4)  ТАЙЛБАР: Бичиж авсан go(i) нум нь m+j цэгүүдтэй байна. O1 эх үүсвэрээс өмнө j цэгүүдийг хассаны дараа нэгж алхмын g(i-j) хариу n=m цэгүүдтэй болно.  e) Гаралтын нум болон энэ нумын импульсийн параметрүүдийн нумыг дараах аргаар гаргана. Үүнд:  1) Хугацааны домэйн эсвэл давтамжийн домэйнд (D.2)-р тэнцэтгэлийг хэрэглэсэн тооцооллоор гаралтын импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийн Vout(i) нумыг гаргах.  2) Импульсийн хэмжлийн системийн импульсийн тооцооллын программ хэрэглэн Vout(i) нумын импульсийн параметрүүдийг тооцоолох.  3) Vout(i) нумын алдаануудыг Vout(i) болон Vin(i) нумын хоорондын зөрүү шигээр тооцоолох.  **D.4 Эргэлзээний нэмэр**  Тооцоолсон параметрүүдийг залруулахад зориулан конволюцийн аргаар тооцоолсон алдаануудыг зарчмын хувьд хэрэглэж болно. Гэхдээ ийм залруулгад хэлбэлзлийн хэлбэрийн анхан шатны мэдлэг шаардлагатай, өөрөөр хэлбэл импульс нь мэдэгдэхүйц зөв хэлбэргүй байвал залруулга зөв биш болно. Янз бүрийн хэлбэлзлийн хэлбэрт зориулсан алдаа, алдааны бага хэмжээг авч үзэх параметрийн хэмжлийн нийлмэл эргэлзээнд нэмэгдэх эргэлзээний нэмэртэй адил хэрэглэх боломжтой. Эргэлзээний тооцооллыг ОУСБ/ОУЦТК-ын 98-3-р Арга зүйн удирдамжийн дагуу гүйцэтгэсэн байх хэрэгтэй, түүнчлэн A хавсралтыг B хавсралтад өгсөн жишээний хамт үзнэ үү.  **D.5 Импульсийн параметрүүдийн тооцоолсон алдааг авч үзэх**  **D.5.1 Оргил далайц дахь алдаа**  Нэгж алхмын хариуны нэгж түвшин ихэнхдээ тогтмол бус байдаг. Тиймээс конволюцийн аргын тооцооллын тоон алдаатай харьцуулахад оргил далайцын тооцоолсон алдаа ач холбогдолтой байдаг ч энэ алдаа нь оргил далайцын шаардагдах хэмжлийн эргэлзээтэй харьцуулахад бага байж болно. Оргил далайцын тооцоолсон харьцангуй алдаа нь оролтын Vin(i) импульсийн өсөх T1 хугацааг ойролцоогоор 2 дахин авсан хугацаанд g(i) нэгж алхмын хариуны нумын утга болон нэгжийн хоорондын харьцангуй зөрүүтэй тэнцүү байх хэрэгтэй. Хэрэв конволюцийн тооцооллыг зөв хийсэн эсэхийг шалгахаар бол оргил далайцад тооцоолсон алдааг нэгж алхмын хариутай харьцуулж болно.  **D.5.2 Импульсийн өсөх хугацааны алдаа**  Хэмжлийн системийн гүйцэтгэлээр үүссэн импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрт гарсан өөрчлөлтийг конволюцийн тооцооллоор илрүүлэх боломжтой. Учир нь импульсийн өсөх хугацааны алдааны хэмжээг алхмын хариугаар илрүүлэх боломжгүй байдаг. Алхмын арай удаан хариуны үр дүнд гаралтын импульсийн өсөх хугацаа илүү их болно. Гэхдээ импульсийн өсөх хугацаанд алхмын хариуны хэтэрсэн/ дутуу хэмжээ мөн нөлөөлдөг. Алхмын хариунд хэтэрсэн болон дутуу хэмжээний хугацааны байрлалаас шалтгаалан импульсийн хэлбэлзлийн хэлбэрийн урд хэсэг ялгаатай хэлбэрүүдэд өөрчлөгдөх нь импульсийн өсөх хугацааг нэмэгдүүлэх эсвэл багасгахын аль алинд хүргэдэг.  **D.5.3 Хагас утгад хүрэх хугацааны алдаа**  Импульсийн өсөх T1 хугацааг 2 дахин авсан хугацаатай ойролцоогоор тэнцүү хугацаан дахь g(i) нэгж алхмын хариуны нумын утга болон импульсийг үнэлсэн T2 хугацаатай тэнцүү хугацаан дахь g(i) нэгж алхмын хариуны нумын утгын хоорондын зөрүү хагас утгад хүрэх хугацаанд голчлон нөлөөлдөг. Алхмын хариунаас шууд дүгнэх боломжгүй T2 хугацааны алдааны хэмжээг дүгнэхэд конволюцийн тооцооллыг хэрэглэж болно. | **Annex D**  (informative)  **Convolution method for the determination of dynamic behaviour from step response measurements**  **D.1 General**  The convolution method is used to evaluate the dynamic performance of an impulse voltage divider, a digital recorder, or a complete impulse voltage measuring system from their step responses (Annex C).  The convolution method uses the step response of the measuring system to calculate its output impulse waveform from the input impulse waveform. The errors of the impulse parameters of the output waveform relative to the input waveform may be used to evaluate the performance of the measuring system for a particular waveform to be measured.  The convolution method assumes that the step response of the measuring system is correctly measured and the input waveform used in the calculation is representative of the real impulse waveforms to be measured.  **D.2 The convolution method**  If the input impulse waveform and the unit (normalized) step response (Annex C) of an impulse measuring system are Vin(t) and g(t) respectively, the output, Vout(t), may be expressed by the following convolution integral:  (D.1)  where t is time and Vin’(t) is the first derivative of the input impulse voltage waveform Vin(t).  If g(t) and Vin(t) are sampled with the same sampling interval and the number of samples of g(t) is the same as that of Vin(t), the continuous convolution integral (D.1) reduces to the causal form of the discrete convolution sum:    i = 0, 1, 2, …, n–1 (D.2)  where:  Vout(i) is the discrete output array;  V´in(i) is the first derivative of input array;  g(i) is the unit step-response array;  n is the number of samples of the input array; and  Δt is the sampling interval of the input and output arrays, and the step-response array.  **D.3 Procedure for performing the convolution calculation**  This procedure is based on the discrete convolution sum described by equation (D.2). It is used for computer-aided calculation using digital impulse waveforms. The procedure is used to estimate the errors of the impulse parameters of the output relative to the input waveforms of an impulse measuring system. The procedure given here describes the major steps of calculation. These steps are:  a) Obtain the input impulse-waveform array Vin(i) for i = 0, 1, 2, …, n–1, and calculate its impulse parameters.  b) The sampling rate of the input impulse waveform should be identical to that of the unit step response, with the number of its samples equal to that of the unit step response (see step c). The input waveform should be a smooth waveform with the highest frequency of the noise having been reduced well below the Nyquist frequency (half of the sampling frequency of the impulse array). A smooth input waveform array and its impulse parameters may be derived either:  1) from an analytical expression of the impulse, e.g., a superposition of two ideal exponential functions. The impulse parameters of this waveform may either be obtained from the analytical expression or from the impulse calculation software of the impulse measuring system being examined.  2) or from a recorded real waveform, smoothed by a precision low-pass digital filter or a piecewise cubic spline fitting algorithm. The impulse parameters of this waveform may be obtained from the impulse calculation software of the impulse measuring system being examined.  c) Obtain the first derivative V´in(i) for i = 0, 1, 2, …, n–1, of the input impulse waveform Vin(i) by numerical derivation.  d) Obtain the unit step response array g(i) for i = 1, 2, …, m–1 and m = n+j, where j is the number of data points before the origin of the recorded step response O1.  1) Obtain the unit step response by normalizing the measured step response (Annex C).  To obtain a low-noise unit step response for convolution purposes, averaging several step-response records may be used. The smoothness of the unit step response array g(i) is less critical if equation (D.2) is used for the convolution calculation and the impulse array Vin(i) is already smooth.  2) Obtain the zero level, l0, of the step response by averaging the samples of the recorded step-response array s(i) before the starting edge of the step.  3) Obtain the reference level, lR, of the step response by averaging the samples of the recorded step-response array s(i) within a time range including the shortest front time for which the measuring system is to be used, and up to the time reflecting the frequency at which the scale factor of the converting device has been determined.  4) Normalize the step-response array s(i) into a temporary unit-step-response array,  g0(i), by using the following formula:  (D.3)  5) Find the noise amplitude at the zero level by finding the standard deviation, d0, of the samples of the g0(i) array before the start of the step. Searching backwards from the end of g0(i), find the sample with its value being higher than three times of the standard deviation d0. The time of this sample is assigned as the origin, O1, of g0(i). Assign the index of this sample to j.  6) Construct the unit step response g(t) from the origin by removing the samples of g0(i) before the origin, i.e.:  g(i-j)=g0 (i), i=j,…, m+j-1 (D.4)  NOTE Recorded go(i) has m+j points. Unit step response g(i-j) has n=m points after removing j points before the origin O1.  e) Obtain the output array and its impulse parameters array:  1) Obtain the output impulse waveform array Vout(i) by calculation using equation (D.2) either in the time domain or in the frequency domain.  2) Calculate the impulse parameters of Vout(i) using the impulse calculation software of the impulse measuring system.  3) Calculate the errors of Vout(i) as the difference between the impulse parameters of Vout(i) and Vin(i).  **D.4 Uncertainty contributions**  In principle, the errors calculated by the convolution may be used for correcting the parameters calculated. Such correction does however require à priori knowledge of the waveshape, i.e. unless the impulse is of known regular shape, the correction is not reliable. The errors and their scatter for different wave-shapes, can be used as an uncertainty contribution to the combined uncertainty of measurement of the parameter concerned. Uncertainty calculation should be performed in accordance with the ISO/IEC Guide 98-3, see also Annex A, with examples given in Annex B.  **D.5 Discussion of the calculated errors of impulse parameters**  **D.5.1 Error in the peak amplitude**  The unit level of the unit step response is usually not constant. Therefore, the calculated error of the peak amplitude is often significant in comparison with the numerical error of the convolution calculation, although it may be small in comparison with the required measurement uncertainty of the peak amplitude. The calculated relative error of the peak amplitude should be equal to the relative difference between unity and the value of g(i) at a time approximately equal to 2 times the front time T1 of the input impulse Vin(i). The calculated error in the peak amplitude can be compared to the unit step response to verify if the convolution calculation has been performed correctly.  **D.5.2 Error in the front time**  The convolution calculation can reveal a change in the wave shape of the impulse caused by the performance of the measuring system, and therefore the magnitude of the error of the front time, which cannot be revealed by the step response itself. As the consequence of a slower step response, the front time of the output impulse becomes larger. However, the front time is also influenced by the overshoot/undershoot of the step response. Depending on the time-positions of the overshoot and undershoot on the step response, the front part of the impulse waveform may be changed into different shapes, leading to either an increased or decreased front-time value.  **D.5.3 Error in the time to half-value**  The time to half-value is mainly affected by the difference between the g(i) value at a time approximately equal to 2 times the front time T1 and the g(i) value at the time equal to T2 of the impulse being evaluated. The convolution calculation can be used to estimate the magnitude of the error of T2, which cannot be directly estimated from the step response itself. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Ном зүй**  IEC 60050 (300):2001, *Олон улсын цахилгаан техникийн тайлбар толь – Цахилгаан электроникийн хэмжил – 311 дүгээр бүлэг: Хэмжилд хамаарах ерөнхий нэр томьёо, 312 дугаар бүлэг: Цахилгааны хэмжилтэй холбоотой ерөнхий нэр томьёо, 313 дугаар бүлэг: Цахилгаан хэмжих хэрэгслийн төрөл, 314 дүгээр бүлэг: Хэмжих хэрэгслийн төрлийн дагуух тусгай нэр томьёо*  IEC 60050 (321):1986, *Олон улсын цахилгаан техникийн тайлбар толь – Цахилгаан электроникийн хэмжил – 321 дүгээр бүлэг:* *Хэмжүүрийн трансформатор*  IEC 60051, *Шууд үйлчлэх заалттай цахилгаан хэмжих аналог хэрэгсэл, хэрэгслийн туслах төхөөрөмж*  IEC 60060-3:2004, *Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга – 3 дугаар хэсэг: Ажлын талбайд хийх туршилтын тодорхойлолт болон шаардлага*  IEC 60071-1:2006, Тусгаарлагын нийцэл – 1 дүгээр хэсэг: Тодорхойлолт, зарчим болон журам  IEC 60270*: Өндөр хүчдэлийн туршилт хийх арга – Бяцхан цахилалтыг хэмжих*  IEC 62475: Их гүйдлийн туршилт хийх арга: Туршилтын гүйдэл болон хэмжлийн системийн тодорхойлолт, тавих шаардлага  ОУСБ/ОУЦТК 17025:2005, *Туршилт болон тохируулгын лабораторийн өрсөлдөх чадварт тавих ерөнхий шаардлага (Жин хэмжүүрийн системийн тухай товчхон: EUROMET ISBN 87-988154-1-2* )  JCGM 200:2008, Хэмжил зүйн олон улсын тайлбар толь – Үндсэн болон ерөнхий ойлголт, Хэмжил зүйн олон улсын тайлбар тольтой холбоотой нэр томьёо  Ж.Г.Проакис болон Д.Г.Манолакис, *Тоон системт сигнал үүсгэх талаар танилцуулга. Максиллан Хэвлэлийн Компани, Нью-Йорк, 1988.*  Я.Ли, Ж.Рингис болон А.Пфеффер, *Төгс бус алхмын хариуны улмаас их хэмжээний бууралттай конденсатор хуваагуурын хүчдэл болон хугацааны параметрийн хэмжлийн эргэлзээ.*  *Өндөр хүчдэлийн инженерийн олон улсын 15 дугаар симпозиумын хурлын бүтээл, 2007* | **Bibliography**  IEC 60050 (300):2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*  IEC 60050 (321):1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 321; Instrument transformers*  IEC 60051, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*  IEC 60060-3:2004, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for onsite testing*  IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*  IEC 60270*: High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*  IEC 62475: *High-current test techniques: Definitions and requirements for test currents and measuring systems*  ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Metrology in short: Euromet ISBN 87-988154-1-2)*  JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), http://www.bipm.org/en/publications/guides*  J.G.Proakis and D.G.Manolakis, *Introduction to Digital Signal Processing. Macmillan Publishing Company, New York, 1988.*  Y.Li, J. Rungis and A. Pfeffer, *The Voltage and Time Parameter Measurement Uncertainties of a Large Damped Capacitor Divider due to its Non-ideal Step Response. Proceedings of 15 th International Symposium on High Voltage Engineering, Ljubljana, 2007.* |