Төсөл

****

**МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ**

**Аянгын хамгаалалт – 1-р хэсэг: Ерөнхий зарчим**

**Protection against lightning – Part 1: General principles**

**MNS IEC 62305-1:2021**

**Албан хэвлэл**

**СТАНДАРТ, ХЭМЖИЛ ЗҮЙН ГАЗАР**

**Улаанбаатар хот**

**2021 он**

Энэ стандартыг -ДЦС-4” ТӨХК-ийн Цахилгаан цехийн электроник програмчлал тохируулгын инженер Д.Амгалан орчуулж, Судалгаа хөгжлийн албаны судалгаа хөгжлийн инженер Х.Амгаланбаатар редакц хийсэн.

Анхны үзлэгийг 2026 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, 2021**

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

|  |  |
| --- | --- |
| **ОУЦТК-ын тухай**  Олон улсын цахилгаан техникийн комисс (ОУЦТК) бол бүх цахилгаан, электроник болон эдгээртэй холбогдох технологийн олон улсын стандартыг боловсруулж, хэвлэн нийтэлдэг дэлхийн тэргүүлэх байгууллага юм. | **About the IEC**  The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies. |
| **ОУЦТК-ын хэвлэлийн тухай**  ОУЦТК-ын хэвлэлийн техникийн агуулгыг ОУЦТК -ноос байнга хянаж байдаг. Танд залруулга, нэмэлт өөрчлөлт хэвлэгдсэн хамгийн сүүлийн хувилбар байгаа эсэхийг шалгана уу. | **About IEC publications**  The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published. |
| **Хэрэгцээтэй холбоос:**  ОУЦТК-ын хэвлэлийн хайлт - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)  Нарийвчилсан хайлт нь ОУЦТХ-ны хэвлэлийг олон шалгуураар (лавлагааны дугаар, текст, техникийн хороо гэх мэт) хайх боломж олгодог. Мөн солигдсон, буцаагдсан хэвлэлийн төслийн талаарх мэдээлэл өгдөг.  IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished  ОУЦТК-ын бүх шинэ хэвлэл байршина. Зөвхөн хэвлэгдсэнбүх шинэ хэвлэлийн дэлгэрэнгүй мэдээллийг нийтлэдэг. Онлайнаар авах боломжтой бөгөөд мөн сард нэг удаа цахим шуудангаар авах боломжтой.  Электропедиа - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)  Англи, франц болон нэмэлт 15 хэл дээрх цахилгаан, электроникийн 30 000 гаруй нэр томьёо, тодорхойлолтыг агуулсан дэлхийн тэргүүлэх онлайн толь бичиг юм. Мөн олон улсын цахилгаан техникийн онлайн тайлбар бичиг (ОУЦТОТБ) гэдэг.  Хэрэглэгчдэд үйлчлэх төв -[webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)  Хэрэв та энэ нийтлэлийн талаар бидэнд санал өгөх гэж байгаа эсвэл цаашид туслалцаа хэрэгтэй бол харилцагчийн үйлчилгээний төвтэй холбогдоно уу: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch) | **Useful links:**  IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)  The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee…).  It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.  IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished  Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.  Electropedia - www.electropedia.org  The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.  Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc  If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch. |

АГУУЛГА

[ӨМНӨХ ҮГ](#_TOC_250028)

[ТАНИЛЦУУЛГА](#_TOC_250027)

1 [Зорилго](#_TOC_250026)

2 [Норматив тайлбар](#_TOC_250025)

3 [Нэр томьёо ба тодорхойлолт](#_TOC_250024)

4 [Аянгын гүйдлийн үзүүлэлтүүд](#_TOC_250023)

5 Аянгын үед үүсэх хохирол

5.1 Байгууламжид үзүүлэх хохирол

5.1.1 Байгууламжид учрах аянгын нөлөөлөл

5.1.2 Байгууламжид үүсэх хохиролын үндэс болон төрлүүд

5.2 Гэмтлийн төрлүүд

6 Аянгын хамгаалалтын шаардлага болон эдийн засгийн үндэслэл

6.1 Аянгын хамгаалалтын шаардлага

6.2 Аянгын хамгаалалтын эдийн засгийн үндэслэл

7 [Хамгаалалтынарга хэмжээ](#_TOC_250014)

7.1[Ерөнхий зүйл](#_TOC_250013)

7.2 Амьд амьтдын цахилгаанд нирвэгдэх эрсдэлийг бууруулах хамгаалалт

7.3 Механик хохиролийг бууруулахад чиглсэн хамгаалах арга хэмжээ

7.4 Цахилгаан ба элекроник системийн алдааг бууруулах хамгаалалтын

арга хэмжээ

7.5[Хамгаалалтын аргыг сонгох](#_TOC_250009)

8 Хамгаалах байгууламжийн үндсэн шалгуур

8.1 [Ерөнхий зүйл](#_TOC_250007)

8.2 [Аянгын хамгаалалтын түвшин (АХТ)](#_TOC_250006)

8.3 [Аянгын хамгаалалтын бүс (АХБ)](#_TOC_250005)

8.4 Байгууламжийн хамгаалалт

8.4.1 Механик гэмтэл болон амь насны эрсдэлийг бууруулах хамгаалалт

8.4.2 Дотоод системийн алдааг бууруулах хамгаалалт

Хавсралт А Аянгын гүйдлийн параметр

Хавсралт Б Аянгын гүйдлийн хугацааны тавилын шинжилгээ

Хавсралт В Аянгын гүйдлийг загварчилсан туршилтууд

Хавсралт Г АХС хэсэг дээрх аянгын нөлөөллийн загварын туршилтын параметр

Хавсралт Д Аянгын улмаас өөр цэг дээрх үүсэх хэт хүчдэл

[Ном зүй](#_TOC_250001)

Зураг 1 - IEC 62305 тал хэсэгийн холбоо хамаарал

Зураг 2 - Төрөл бүрийн гэмтлээс үүдсэн алдагдлын төрөл ба холбогдох эрсдэлүүд

Зураг 3 - АХС-ээр тодорхойлсон АХБ (IEC 62305-3)

Зураг 4 - ХХХТ-ээр тодорхойлсон АХБ (IEC 62305-4)

[Зураг A.1 - Импульсийн гүйдлийн параметрийн тодорхойлолт (ихэвчлэн T2<2мс)](#_TOC_250000)

Зураг A.2 - Урт хугацааны цахилалтын параметрийн тодорхойлолт (ихэвчлэн 2 мс < T < 1с)

Зураг A.3 - Доош чиглэсэн цахилалтын боломжит бүрэлдэхүүн хэсэг (хавтгай нутаг дэвсгэр ба нам байгуулламжуудад ихэвчлэн тохиолддог)

Зураг A.4 - Дээш чиглэсэн цахилалтын бүрэлдэхүүн хэсэг (аянгад өртдөг буюу/эсвэл өндөр байгууламжуудад тохиолддог)

Зураг A.5 - Аянгын гүйдлийн параметрийн хуримтлагдсан давтамжийн тархалт

(95% ба 5% -ийн утгыг харуулсан шугамууд)

Зураг B.1 - Эхний эерэг импульс дээрх гүйдлийн өсөх хэлбэр

Зураг B.2 - Эхний эерэг импульс дээрх гүйдлийн буурах хэлбэр

Зураг B.3 - Эхний сөрөг импульс дээрх гүйдлийн өсөх хэлбэр

Зураг B.4 - Эхний сөрөг импульс дээрх гүйдлийн буурах хэлбэр

Зураг B.5 - Үргэлжилсэн сөрөг импульсүүд дээрх гүйдлийн өсөх хэлбэр

Зураг B.6 - Үргэлжилсэн сөрөг импульсүүд дээрх гүйдлийн буурах хэлбэр

Зураг B.7 - АХТ I -д тохирох аянгын гүйдлийн нөлөөлөх чадамж

Зураг C.1 - Генератор дээр хийсэн эхний эерэг импульсийн энергийн нарийвчилал болон урт хугацааны цахилтын ачааллын загварын туршилтын жишээ

Зураг C.2 - Хүснэгт C.3 -т үзүүлсэн гүйдлийн өсөлтийн тодорхойлолт

Зураг C.3 - Генератор дээр эхний эерэг ипмульс огцом өсөх үед томоохон туршилтын нэгж дээрх загварын туршилтын жишээ

Зураг C.4 - Генератор дээр үргэлжилсэн сөрөг ипмульс огцом өсөх үед томоохон туршилтын нэгж дээрх загварын туршилтын жишээ

Зураг D.1 - Хоёр дамжуулагчийн ерөнхий байрлалаар хоорондын цахилгаан динамик хүчийг тооцоолох

Зураг D.2 - АХС-д ердийн дамжуулагчийг байрлуулах

Зураг D.3 - Зураг D.2-т тохирох F хүчний диаграм

Зураг D.4 - Зураг D.2-ийн хэвтээ дамжуулагчийн дагуух уртын нэгж тус бүрийн F хүч

Хүснэгт 1 - Ердийн байгааламжид үзүүлэх аянгын нөлөөлөл

Хүснэгт 2 - Аянга буух үед байгууламжын янз бүрийн цэгт хамаарах алдагдал, гэмтэл

Хүснэгт 3 - АХТ-ийн дагуу аянгын параметрийн максимум утгууд

Хүснэгт 4 - Аянгын параметрийн хамгийн бага утга ба АХТ-тэй харгалзах гулсмал бөмбөрцөг радиус

Хүснэгт 5 - Аянга гүйдлийн параметрийн хязгаарын магадлал

Хүснэгт A.1 - CIGRE (Electra № 41 эсвэл No 69) [3], [4] -аас авсан аянгын гүйдлийн параметрийн тооцоолсон утгууд

Хүснэгт A.2 - CIGRE (Electra № 41 эсвэл No 69) [3], [4] -аас дундаж μ ба тархалт σlog 95 % болон 5 % -иас тооцоолж авсан аянгын гүйдлийн параметрийн хэвийн логарифм тархалт

Хүснэгт A.3 - I аянгын гүйдлийн P функцийн магадлалын утга

Хүснэгт B.1 - Тэгшитгэлийн параметр (B.1)

Хүснэгт C.1 - Эхний эерэг импульсийн туршилтын параметр

Хүснэгт C.2 - Урт цахилалтын туршилтын параметр

Хүснэгт C.3 - Импульсийн туршилтын параметр

Хүснэгт D.1 - Янз бүрийн АХС-ийн бүрдэл хэсэгийдэд өөр өөр АХТ-нд тооцоолсон туршилтын утгыг тооцоолох аянгын хэмжилтийн параметрийн хураангуй

Хүснэгт D.2 - АХС-д хэсэгт ашигласан ердийн материалуудын физик шинж чанар

Хүснэгт D.3 - Дамжуулагчийн ялгаатай хэсэг дэх дулааны өсөлтийн W/R томёолол

Хүснэгт E.1 - Хөрсний эсэргүүцэх чанараас хамаарсан энгийн газардуулгын эсэргүүцлийн утгууд Z ба Z1

Хүснэгт E.2 - Бага хүчдэлийн төхөөрөмжид аянгын цахилтын улмаас үүсэх магадлалтай хэт хүчдэлийн нөлөөлөл

Хүснэгт E.3 - Холбооны сүлжээнд аянга цахилтын улмаас үүсэх магадлалтай хэт хүчдэлийн нөлөөлөл

**CONTENTS**

FOREWORD 5

INTRODUCTION 7

1 Scope 8

2 Normative references 8

3 Terms and definitions 8

4 Lightning current parameters 14

5 Damage due to lightning 14

5.1 Damage to a structure 14

5.1.1 Effects of lightning on a structure 14

5.1.2 Sources and types of damage to a structure 16

5.2 Types of loss 16

6 Need and economic justification for lightning protection 18

6.1 Need for lightning protection 18

6.2 Economic justification of lightning protection 19

7 Protection measures 19

7.1 General 19

7.2 Protection measures to reduce injury of living beings by electric shock 19

7.3 Protection measures to reduce physical damage 20

7.4 Protection measures to reduce failure of electrical and electronic systems

7.5 Protection measures selection 20

8 Basic criteria for protection of structures 21

8.1 General 21

8.2 Lightning protection levels (LPL) 21

8.3 Lightning protection zones (LPZ) 23

8.4 Protection of structures 25

8.4.1 Protection to reduce physical damage and life hazard 25

8.4.2 Protection to reduce the failure of internal systems 26

Annex A (informative) Parameters of lightning current 27

Annex B (informative) Time functions of the lightning current for analysis purposes

Annex C (informative) Simulation of the lightning current for test purposes 44

Annex D (informative) Test parameters simulating the effects of lightning on LPS

components 48

Annex E (informative) Surges due to lightning at different installation points 62

Bibliography 67

Figure 1 – Connection between the various parts of IEC 62305 7

Figure 2 – Types of loss and corresponding risks resulting from different types of

damage

Figure 3 – LPZ defined by an LPS (IEC 62305-3) 24

Figure 4 – LPZ defined by an SPM (IEC 62305-4) 25

Figure A.1 – Definitions of impulse current parameters (typically T2 < 2 ms) 27

Figure A.2 – Definitions of long duration stroke parameters (typically 2 ms < TLONG

<1 s) 28

Figure A.3 – Possible components of downward flashes (typical in flat territory and to

lower structures) 28

Figure A.4 – Possible components of upward flashes (typical to exposed and/or higher

structures) 29

Figure A.5 – Cumulative frequency distribution of lightning current parameters (lines

through 95 % and 5 % value) 34

Figure B.1 – Shape of the current rise of the first positive impulse 39

Figure B.2 – Shape of the current tail of the first positive impulse 40

Figure B.3 – Shape of the current rise of the first negative impulse 40

Figure B.4 – Shape of the current tail of the first negative impulse 41

Figure B.5 – Shape of the current rise of the subsequent negative impulses 42

Figure B.6 – Shape of the current tail of the subsequent negative impulses 42

Figure B.7 – Amplitude density of the lightning current according to LPL I 43

Figure C.1 – Example test generator for the simulation of the specific energy of the first

positive impulse and the charge of the long stroke 45

Figure C.2 – Definition of the current steepness in accordance with Table C.3 46

Figure C.3 – Example test generator for the simulation of the front steepness of the

first positive impulse for large test items 47

Figure C.4 – Example test generator for the simulation of the front steepness of the

subsequent negative impulses for large test items 47

Figure D.1 – General arrangement of two conductors for the calculation of

electrodynamic force 54

Figure D.2 – Typical conductor arrangement in an LPS 55

Figure D.3 – Diagram of the stresses F for the configuration of Figure D.2 55

Figure D.4 – Force per unit length F’ along the horizontal conductor of Figure D.2

Table 1 – Effects of lightning on typical structures 15

Table 2 – Damage and loss relevant to a structure according to different points of strike

of lightning 17

Table 3 – Maximum values of lightning parameters according to LPL 22

Table 4 – Minimum values of lightning parameters and related rolling sphere radius

corresponding to LPL 22

Table 5 – Probabilities for the limits of the lightning current parameters 23

Table A.1 – Tabulated values of lightning current parameters taken from CIGRE

(Electra No. 41 or No. 69) [3], [4] 31

Table A.2 – Logarithmic normal distribution of lightning current parameters – Mean μ

and dispersion σlog calculated from 95 % and 5 % values from CIGRE (Electra No. 41

or No. 69 [3], [4]

Table A.3 – Values of probability P as function of the lightning current I 33

Table B.1 – Parameters for Equation (B.1) 38

Table C.1 – Test parameters of the first positive impulse 45

Table C.2 – Test parameters of the long stroke 45

Table C.3 – Test parameters of the impulses 46

Table D.1 – Summary of the lightning threat parameters to be considered in the

calculation of the test values for the different LPS components and for the different LP

Table D.2 – Physical characteristics of typical materials used in LPS component

Table D.3 – Temperature rises for conductors of different sections as a function of W/R

Table E.1 – Conventional earthing impedance values Z and Z1 according to the

resistivity of the soil 63

Table E.2 – Expected surge overcurrents due to lightning flashes on low-voltage

systems 64

Table E.3 – Expected surge overcurrents due to lightning flashes on telecommunication systems 65

**ОЛОН УЛСЫН ЦАХИЛГААН ТЕХНИКИЙН ХОРОО**

**АЯНГЫН ХАМГААЛАЛТ**

**1-р хэсэг: Ерөнхий зарчим**

ӨМНӨХ ҮГ

1. Олон Улсын Цахилгаан Техникийн Комисс (ОУЦТК) нь үндэсний цахилгаан техникийн бүх хороод (ОУЦТК-ын Үндэсний Хороод)-оос бүрдсэн, дэлхий нийтийг хамарсан стандартчиллын байгууллага юм. ОУЦТК-ын зорилго нь цахилгаан болон электроникийн салбарын стандартчилалтай холбоотой бүх асуудлаар олон улсын хамтын ажиллагааг дэмжих явдал юм. Энэ зорилгын хүрээнд хийгддэг бусад үйл ажиллагаануудаас гадна ОУЦТК нь Олон Улсын Стандарт, Техникийн Тодорхойлолт, Техникийн Тайлан, Олон нийтэд Нээлттэй Тодорхойлолт (ОНТ) ба Арга зүйн удирдамж (цаашид “ОУЦТК-ын Нийтлэл (үүд)” гэх)-ийг нийтэлдэг. Стандарт бэлтгэх ажлыг техникийн хороод гүйцэтгэдэг ба тухайн асуудлыг сонирхсон аливаа ОУЦТК-ын Үндэсний Хороо энэхүү ажилд оролцож болно. ОУЦТК-той хамтран ажилладаг олон улсын, төрийн ба төрийн бус байгууллагууд энэ бэлтгэл ажилд мөн оролцдог. ОУЦТК нь хоёр байгууллага хоорондын гэрээгээр тодорхойлсон нөхцөлийн дагуу Олон Улсын Стандартчиллын Байгууллага (ОУСБ)-тай нягт хамтран ажилладаг.
2. Техникийн хороо бүрт тухайн асуудлыг сонирхсон бүх Үндэсний хороодын төлөөлөл байдаг тул ОУЦТК-оос техникийн асуудлаар гаргасан албан ёсны шийдвэр буюу хэлцэл нь хамаатай сэдвүүдээр ирүүлсэн олон улсын саналын зөвшилцлийг илэрхийлдэг.
3. ОУЦТК-ын нийтлэлүүд нь олон улсад хэрэглэхийг зөвлөсөн зөвлөмж хэлбэртэй байдаг ба ОУЦТК-ын Үндэсний Хороод нь эдгээр нийтлэлийг гагцхүү энэ утгаар ойлгож хэрэглэдэг. ОУЦТК-ын нийтлэлийн техникийн агуулгыг аль болох үнэн зөв гаргахын тулд боломжийн бүх хүчин чармайлтыг гаргадаг хэдий ч нийтлэлийг хэрхэн ашиглах талаар, эсвэл аливаа эцсийн хэрэглэгч нийтлэлийг буруу ойлгох талаар ОУЦТК хариуцлага хүлээх боломжгүй.
4. Олон улсын хэмжээнд нийтлэг байх нөхцөлийг дэмжихийн тулд ОУЦТК-ын Үндэсний хороод нь ОУЦТК-ын нийтлэлүүдийг өөрсдийн үндэсний болон бүс нутгийн нийтлэлүүдэд боломжит өргөн цар хүрээнд нээлттэй тусгах үүрэг хүлээсэн байдаг. ОУЦТК-ын нийтлэл болон холбогдох үндэсний буюу бүс нутгийн нийтлэл хоорондын аливаа зөрөөтэй заалтыг үндэсний буюу бүс нутгийн стандарт дээр дараагийн удаа тодорхой тэмдэглэсэн байвал зохино.
5. ОУЦТК нь өөрөө тохирлын ямар нэг аттестатчилал явуулдаггүй. Бие даасан гэрчилгээжүүлэлтийн байгууллагууд тохирлын үнэлгээний үйлчилгээ үзүүлдэг ба, зарим газарт IEC-гийн тохирлын тэмдгийг ашиглах боломжийг олгодог. ОУЦТК нь бие даасан гэрчилгээжүүлэлтийн байгууллагуудын үзүүлсэн аливаа үйлчилгээний талаар хариуцлага хүлээхгүй.
6. Бүх хэрэглэгчид энэ нийтлэлийн хамгийн сүүлийн хэвлэлийг авсан гэдгээ нягтлах хэрэгтэй.
7. ОУЦТК буюу түүний удирдлага, ажилтан, үйлчилгээ үзүүлэгч буюу төлөөлөгч, тэр дундаа хувь шинжээч, өөрийн техникийн хорооны ба ОУЦТК-ын Үндэсний хороодын гишүүдэд хувь хүний аливаа гэмтлийн, эд хөрөнгийн хохирол буюу бусад бүх төрлийн шууд ба шууд бус хохирлын, эсвэл ОУЦТК-ын энэ нийтлэлийг буюу ОУЦТК-ын өөр ямар ч нийтлэлийг нийтэлсэн, ашигласан, эсвэл түүнээс хамааралтай байсантай холбоотойгоор гарсан зардлуудын (хуульчийн төлбөр үүнд орно) талаар хариуцлага хүлээлгэж болохгүй
8. Энэ нийтлэлд дурдсан норматив эшлэлийг анхаарах хэрэгтэй. Энэ нийтлэлийг зөв хэрэглэхийн тулд эш татсан нийтлэлүүдийг зайлшгүй ашиглах шаардлагатай.
9. Энэ Олон Улсын Стандартын зарим бүрэлдэхүүн хэсэг нь зохиогчийн эрхийн дагуу хамгаалагдсан байж болохыг анхаарах хэрэгтэй. ОУЦТК нь ийм зохиогчийн эрхийн аль нэгийг буюу бүгдийг нь тодруулан заах үүрэг хүлээхгүй.

Олон улсын стандарт IEC 62305-1-ийг ОУЦТК-ын техникийн хорооноос боловсруулсан болно 81: Аянгын хамгаалалт

Энэхүү хоёр дахь хэвлэл нь 2006 онд хэвлэгдсэн анхны хэвлэлийг хүчингүй болгож, техникийн засвар хийсэн хувилбараар орлуулсан болно.

Энэхүү хэвлэл нь дараах чухал холбогдолтой техникийн өөрчлөлтийг агуулсан:

1) Үүнд байгууламжтай холбоотой үйлчилгээ хамаарахгүй болсон.

2) Тусгаарлагдсан интерфейсийг цахилгаан болон электрон системийн гэмтлийг бууруулахын тулд хамгаалалтын арга хэмжээ болгон нэвтрүүлсэн.

3) Эхлээд сөрөг импульсийн гүйдлийг тооцооллын зорилгоор шинэ аянгын параметр болгон нэвтрүүлсэн

4) Аянга цахилтын улмаас үүсэх хэт хүчдэлийг бага хүчдэлийн систем болон харилцаа холбооны системд илүү нарийвчлалтай зааж өгсөн.

Энэхүү хоёр хэл дээрх хувилбар (2013-01) нь 2010-12 онд хэвлэгдсэн Англи хэлний хувилбарт хамаарна.

Энэхүү стандартын текстийг дараахь баримт бичигт үндэслэв.

|  |  |
| --- | --- |
| FDIS | Санал хураалтын тайлан |
| 81/370 / FDIS | 81/380 / RVD |

Энэхүү стандартыг батламжлах санал хураалтын бүх мэдээллийг дээрх хүснэгтэд заасан санал хураалтын тайлангаас үзэж болно.

Энэхүү стандартыг батлах санал хураалтын талаарх бүрэн мэдээллийг дээрх хүснэгтэд заасан санал хураалтын тайлангаас авах боломжтой.

Энэхүү стандартын франц хэл дээрх хувилбарт санал хураалт явуулаагүй байна.

Энэхүү нийтлэлийг ISO / IEC зааврын 2-р хэсгийн дагуу боловсруулсан болно.

ОУЦТК-ны вэбсайтаас Аянгын хамгаалалт гэсэн ерөнхий нэрийн дор нийтлэгдсэн IEC 62305 цувралын бүх хэсгийн жагсаалтыг үзэж болно.

Техникийн хороо нь уг хэвлэлийн агуулгыг тодорхойлсон өгөгдөлтэй холбоотой "http://webstore.iec.ch" вэбсайт дахь мэдээллийг тогтвортой байдлын хугацаа заах хүртэл хэвээр үлдээхээр шийдвэрлэсэн. Энэ хугацаа нь хэвлэл:

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

### INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PROTECTION AGAINST LIGHTNING –**

**Part 1: General principles**

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The 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 the 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 National Committees.

3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.

4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard 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, this 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 rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62305-1 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2006, and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

It no longer covers protection of services connected to structures.

Isolated interfaces are introduced as protection measures to reduce failure of electric and electronic systems.

First negative impulse current is introduced as a new lightning parameter for calculation purposes.

Expected surge overcurrents due to lightning flashes have been more accurately specified for low voltage power systems and for telecommunication systems.

This bilingual version (2013-01) corresponds to the monolingual English version, published in 2010-12.

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

|  |  |
| --- | --- |
| FDIS | Report on voting |
| 81/370/FDIS | 81/380/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all the parts in the IEC 62305 series, under the general title Protection against lightning, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

**ТАНИЛЦУУЛГА**

Аянганы цэнэгээс хамгаалж чадахуйц хэмжээгээр байгалийн цаг агаарын үзэгдлийг өөрчлөх төхөөрөмж, арга байхгүй. Байгууламж (эсвэл байгууламжтай холбогдсон шугам) рүү эсвэл ойролцоо аянга цахих нь хүн, тухайн байгууламж, тэдгээрийн эд зүйл, суурилагдсан тоног төхөөрөмж, түүнчлэн шугамд аюултай байдаг. Ийм учраас аянганаас хамгаалах арга хэмжээ авах нь нэн чухал юм.

Хамгаалах хэрэгцээ, хамгаалах арга хэмжээг суурилуулах эдийн засгийн үр өгөөж, хамгаалах зохих арга хэмжээний сонголт зэргийг эрсдлийн менежментийн үүднээс тодорхойлох ёстой. Эрсдэлийн менежмент нь IEC 62305-2-ын сэдэв юм.

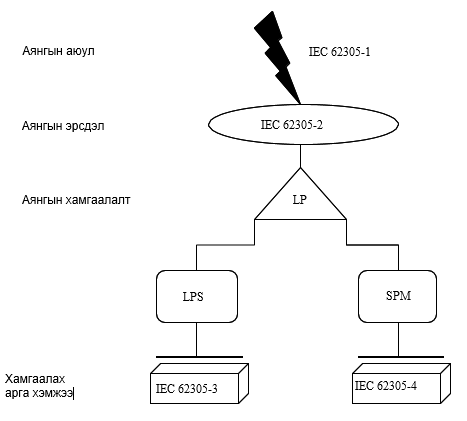
IEC 62305-т авч үзсэн хамгаалах арга хэмжээ нь эрсдлийг бууруулахад үр дүнтэй болох нь батлагдсан.

Аянгаас хамгаалах бүх арга хэмжээ нь аянгын нийт хамгаалалтыг бүрдүүлдэг. Практик шалтгааны улмаас аянгын хамгаалалтын арга хэмжээг төлөвлөх, суурилуулах, засвар үйлчилгээ хийх шалгуурыг хоёр тусдаа бүлэгт авч үздэг:

-байгууламж дахь биет гэмтэл, амь насанд учрах аюулыг бууруулах хамгаалах арга хэмжээний эхний бүлгийг IEC 62305-3-д тусгасан;

-байгууламжийн цахилгаан ба электрон системийн эвдрэлийг бууруулах хамгаалах арга хэмжээний хоёр дахь бүлгийг IEC 62305-4-д тусгасан болно.

IEC 62305-ийн хэсэг хоорондын хамаарлыг зураг 1-т үзүүлэв.



###### **Зураг 1 - IEC 62305-ийн хэсэг хоорондын хамаарал**

**INTRODUCTION**

There are no devices or methods capable of modifying the natural weather phenomena to the extent that they can prevent lightning discharges. Lightning flashes to, or nearby, structures (or lines connected to the structures) are hazardous to people, to the structures themselves, their contents and installations as well as to lines. This is why the application of lightning protection measures is essential.

The need for protection, the economic benefits of installing protection measures and the selection of adequate protection measures should be determined in terms of risk management. Risk management is the subject of IEC 62305-2.

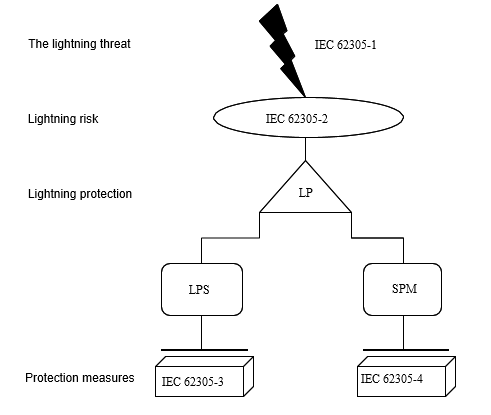
Protection measures considered in IEC 62305 are proved to be effective in risk reduction.

All measures for protection against lightning form the overall lightning protection. For practical reasons the criteria for design, installation and maintenance of lightning protection measures are considered in two separate groups:

-the first group concerning protection measures to reduce physical damage and life hazard in a structure is given in IEC 62305-3;

-the second group concerning protection measures to reduce failures of electrical and electronic systems in a structure is given in IEC 62305-4.

The connection between the parts of IEC 62305 is illustrated in Figure 1.



###### **Figure 1 – Connection between the various parts of IEC 62305**

МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ

Ангилалтын код

|  |  |
| --- | --- |
| **АЯНГЫН ХАМГААЛАЛТ –**  **1-р хэсэг: Ерөнхий зарчим** | MNS IEC 62305-1 |
| **PROTECTION AGAINST LIGHTNING –**  **Part 1: General principles** | IEC 62305-1  Edition 2.0 2010-12 |

Стандартчиллын үндэсний зөвлөлийн 2021 оны … дугаар сарын ... -ны өдрийн ... дугаар тогтоолоор батлав.

Энэ стандартыг 2021 оны ... дүгээр сарын ...-ний өдрөөс эхлэн дагаж мөрдөнө.

|  |  |
| --- | --- |
| **1 Хамрах хүрээ**  IEC 62305-ийн энэ хэсэгт байгууламж, тэдгээрт суурилагдсан тоног төхөөрөмж, агуулагдах эд зүйлс, хүнийг аянгаас хамгаалахад баримтлах ерөнхий зарчмуудыг багтаасан болно.  Дараах тохиолдлууд энэ стандартын хүрээнд хамаарахгүй.  -төмөр замын систем;  -тээврийн хэрэгсэл, усан онгоц, агаарын онгоц, далай эрэг орчмын тоног төхөөрөмж;  -газар доорх өндөр даралтат шугам хоолой;  − байгууламжаас гадна байрлах шугам хоолой, цахилгааны болон харилцаа холбооны шугам.  ТАЙЛБАР: Эдгээр систем нь ихэвчлэн төрөл бүрийн мэргэшлийн байгууллагаас гаргасан тусгай журмаар зохицуулагдана. | **1 Scope**  This part of IEC 62305 provides general principles to be followed for protection of structures against lightning, including their installations and contents, as well as persons.  The following cases are outside the scope of this standard:  - railway systems;  - vehicles, ships, aircraft, offshore installations;  - underground high-pressure pipelines;  - pipe, power and telecommunication lines placed outside the structure.  NOTE These systems usually fall under special regulations produced by various specialized authorities. |
| **2 Норматив лавлагаа**  Энэхүү баримт бичгийг хэрэглэхэд дараах лавлагаа баримт бичиг зайлшгүй шаардлагатай. Огноотой лавлагааны хувьд зөвхөн тухайн иш татсан хэвлэлийг хэрэглэнэ. Огноогүй лавлагааны хувьд иш татсан баримт бичгийн хамгийн сүүлийн хэвлэл (өөрчлөлтийг оруулаад)-ийг хэрэглэнэ.  IEC 62305-2:2010, *Аянгын хамгаалалт - 2-р хэсэг: Эрсдэлийн менежмент*  IEC 62305-3:2010, *Аянгын хамгаалалт - 3-р хэсэг: Байгууламжид биет хохирол учруулах, амь нас эрсдүүлэх аюул*  IEC 62305-4: 2010, *Аянгын хамгаалалт - 4-р хэсэг: Байгууламж доторх цахилгаан болон электрон систем* | **2 Normative references**  The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.  IEC 62305-2:2010, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*  IEC 62305-3:2010, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*  IEC 62305-4:2010, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures* |
| **3 Нэр томьёо, тодорхойлолт**  Энэхүү баримт бичигт дараах нэр томьёо, тодорхойлолтыг хэрэглэнэ.  **3.1**  **газарт аянга цахих**  нэг буюу хэд хэдэн цохилтоос бүрдэх, агаар мандалд үүссэн цахилгаан цэнэгийн үүл болон газар хоорондох шилжилт  **3.2**  **доошоо цахих**  үүлнээс газар луу доошоо чиглэсэн дамжуулгаар үүсэх аянгын цахилалт  ТАЙЛБАР: Доошлох цахилалт нь эхний импульсээс бүрдэх бөгөөд дараа нь дараалсан импульс орж болно. Нэг буюу хэд хэдэн импульс нь урт цохилтоор үргэлжилж болно.  **3.3**  **дээшээ цахих**  газардуулах байгууламжаас үүл рүү дээшээ чиглэсэн дамжуулгаар үүсэх цахилалт  ТАЙЛБАР: Дээшээ цахилах нь олон давхцсан импульстай эсвэл импульсгүй анхны урт цохилтоос бүрдэнэ. Нэг буюу хэд хэдэн импульс нь уртцохилтоор үргэлжилж болно.  **3.4**  **аянгын цохилт**  газар луу аянга цахилах үеийн нэгж цахилгаан цэнэг  **3.5**  **богино цохилт**  импульсын гүйдэлд харгалзах аянгын цахилалтын нэг хэсэг  ТАЙЛБАР: Энэ гүйдэл нь T2 (ихэвчлэн 2 мс-ээс бага) хугацаанд үргэлжлэх ба энэ үед гүйдэл оргил утгын хагас хүртэл буурдаг (Зураг A.1-ийг үз).  **3.6**  **урт цохилт**  үргэлжилсэн гүйдэлд харгалзах аянгын цахилалтын хэсэг  ТАЙЛБАР: Энэ үргэлжилсэн гүйдлийн T үргэлжлэх хугацаа (урд талын 10%-ийн утгаас сүүлийн 10%-ийн утга хүртэлх хугацаа) нь ихэвчлэн 2 мс-ээс их ба 1 секундээс бага байдаг (Зураг А.2-ыг үз).  **3.7**  **олон тооны цохилт**  аянгын цахилалт дунджаар 3-4 цохилтоос бүрддэг бөгөөд тэдгээрийн хоорондох ердийн хугацаа нь 50 мс байдаг  ТАЙЛБАР: 10 мс-ээс 250 мс хүртэлх зайтай хэдэн арван цохилттой үйл явдлыг мэдээлсэн.  **3.8**  **цохилтын цэг**  газар болон өндөрлөг хийц дээр аянга буух цэг (жишээ нь: бүтэц, LPS, шугам, мод гэх мэт)  ТАЙЛБАР: Аянга цахилалт нэгээс олон цохилтын цэгтэй байж болно.  **3.9**  **аянгын гүйдэл**  ***i***  цохилтын цэгээр гүйх гүйдэл  **3.10**  **гүйдлийн оргил утга**  ***I***  аянгын гүйдлийн хамгийн их утга  **3.11**  **импульсийн гүйдлийн фронтын дундаж оргил**  хугацааны интервал дахь гүйдлийн өөрчлөлтийн дундаж хурд Δt=t2-t1  ТАЙЛБАР: Энэ хугацааны интервалын эхлэл ба төгсгөлд байгаа гүйдлийн утгуудын Δi=i(t2) -i (t1) зөрүүгээр илэрхийлэгдэж Δt = t2 - t1 хугацааны интервалд хуваагдана (Зураг А-г үзнэ үү). 1).  **3.12**  **импульсийн гүйдэл нэмэгдэх хугацаа**  ***Т1***  оргил утгын 10% болон 90% хүрэх үед эгшин зуурын хугацааны интервалаас 1,25 дахин ихээр тодорхойлогдсон виртуал параметр (Зураг A.1-ийг үзнэ үү).  **3.13**  **импульсийн гүйдлийн виртуал үүсэл**  ***O1***  аянгын гүйдлийн эхлэлээс 10% ба 90% цэгүүдээр дамжуулсан шулуун шугамын цагийн тэнхлэгтэй огтлолцох цэг (Зураг A.1-ийг үз); гүйдлийн 0,2 T1-ээс өмнө тухайн үед оргил утгынхаа 10% -ийг эзэлдэг.  **3.14**  **импульсийн гүйдлийн төгсгөл дээрх утгын хагас хүртэл хугацаа**  ***T2***  O1 виртуал гарал үүсэл ба гүйдэл төгсгөл дээрх оргил утгын хагас хүртэл буурах агшин зуурын хоорондох хугацааны интервал гэж тодорхойлогддог виртуал параметр (Зураг A.1-ийг үз).  **3.15**  **цахилалт үргэлжлэх хугацаа**  ***T***  цахилалтын цэгээр аянгын гүйдэл гүйх хугацаа  **3.16**  **урт цахилалтын гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа**  ***TLONG***  Урт цахилалт дахь гүйдэл нь үргэлжлэх гүйдлийн өсөлтийн үед оргил утгын 10% ба үргэлжлэх гүйдлийн бууралтын үеийн оргил утгын 10% хооронд байх үеийн үргэлжлэх хугацаа (Зураг А.2-ыг үз).  **3.17**  **Цахилалтын цэнэг**  ***QFLASH***  аянгын нийт үргэлжлэх хугацааны туршид аянгын гүйдлийн хугацааны интегралаас гарах утга.  **3.18**  **импульсийн цэнэг**  ***QSHORT***  импульс дэх аянгын гүйдлийн хугацааны интегралаас гарах утга  **3.19**  **урт цахилалтын цэнэг**  ***QLONG***  урт цахилалтын үед аянгын гүйдлийн хугацааны интегралаас гарах утга  **3.20**  **хувийн энерги**  ***W / R***  цахилалтын нийт үргэлжлэх хугацааны аянгын гүйдлийн квадратын хугацааны интегралаас гарах утга  ТАЙЛБАР: Энэ нь нэгж эсэргүүцлийн үед аянгын гүйдлээр тархах энергийг илэрхийлнэ.  **3.21**  **импульсын гүйдлийн хувийн энерги**  импульсийн үргэлжлэх хугацааны аянгын гүйдлийн квадратын хугацааны интегралаас гарах утга  ТАЙЛБАР: Урт цахилалтын гүйдлийн хувийн энерги нь маш бага байдаг.  **3.22**  **хамгаалагдах байгууламж**  энэхүү стандартын дагуу аянгын нөлөөнөөс хамгаалах шаардлагатай байгууламж  ТАЙЛБАР: Хамгаалах ёстой байгууламж нь том байгууламжийн нэг хэсэг байж болно.  **3.23**  **шугам**  хамгаалагдах байгууламжтай холбогдсон цахилгаан шугам эсвэл харилцаа холбооны шугам  **3.24**  **харилцаа холбооны шугам**  утасны шугам, өгөгдлийн шугам зэрэг тусдаа байгууламжид байрлаж болох тоног төхөөрөмжийн хоорондох холболтын зориулалттай шугам  **3.25**  **хүчний шугам**  Нам хүчдэл (LV) эсвэл өндөр хүчдэлийн (HV) цахилгаан сүлжээ гэх мэтэд байрлах цахилгаан ба электрон тоног төхөөрөмжийг цахилгаан эрчим хүчээр хангах байгууламжид цахилгаан энерги тэжээх хуваарилах шугам.  **3.26**  **байгууламж руу аянга цахилах**  хамгаалагдах байгууламжийг аянгын цахилалт цохих  **3.27**  **байгууламжийн ойролцоо аянга цахилах**  аюултай хэт хүчдэл үүсгэж болзошгүй хамгаалагдах байгууламжид тун ойрхон аянга цохих  **3.28**  **цахилгаан систем**  нам хүчдэлийн тэжээлийн бүрэлдэхүүн хэсэгийг агуулсан систем  **3.29**  **электрон систем**  харилцаа холбооны хэрэгсэл, компьютер, хяналт болон хэмжүүрийн хэрэгслийн систем, радио систем, хүчний электрон төхөөрөмж зэрэг мэдрэмтгий электрон бүрэлдэхүүн хэсэгийг багтаасан систем  **3.30**  **дотоод систем**  байгууламж доторх цахилгаан болон электрон систем  **3.31**  **физик хохирол**  аянгын механик, дулаан, химийн болон тэсрэх нөлөөнөөс үүссэн байгууламж (эсвэл түүний доторх зүйл)-ийн хохирол  **3.32**  **амьд биетийн гэмтэл**  аянганаас үүссэн шүргэх болон алхмын хүчдлийн улмаас цахилгаан гүйдэлд нэрвэгдэж хүн, амьтны амь нас алдагдах зэрэг өөрчлөгдөшгүй хохирол  ТАЙЛБАР: Амьд амьтад өөр замаар гэмтэж бэртэж болзошгүй боловч энэхүү стандартад "амьд биетэд гэмтэл учрах" гэсэн нэр томьёо нь цахилгаан гүйдлийн улмаас учрах аюулаар хязгаарлагддаг (гэмтлийн D1 төрөл).  **3.33**  **цахилгаан болон электрон системийн гэмтэл**  АЦСИ-ийн улмаас цахилгаан, электрон системийн өөрчлөгдөшгүй хохирол  **3.34**  **аянгын цахилгаан соронзон импульс**  **АЦСИ**  Эсэргүүцэл, индуктив, багтаамжийн холболтоор дамжуулан хэт хүчдэл болон цахилгаан соронзон орон үүсгэх аянгын гүйдлийн бүх цахилгаан соронзон нөлөөлөл.  **3.35**  **хэт хүчдэл**  АЦСИ-ийн үүсгэсэн хэт хүчдэл ба / эсвэл хэт их гүйдэл байдлаар илрэх шилжилтийн процесс  **3.36**  **аянгын хамгаалалтын бүс**  АХБ  аянгын цахилгаан соронзон орчныг тодорхойлсон бүс  ТАЙЛБАР: АХБ-ийн бүсийн хил нь заавал физик хязгаар байх ёсгүй (жишээ нь хана, шал, тааз гэх мэт).  **3.37**  **эрсдэл**  **R**  хамгаалагдах ёстой байгууламжийн нийт өртөг (хүн, эд хөрөнгө) -тэй харьцуулсан аянгын улмаас үүссэн жилийн дундаж хохирол (хүн, эд хөрөнгө)-ын үнэ цэнэ.  **3.38**  **зөвшөөрөгдөх эрсдэл**  **RT**  Хамгаалагдах ёстой байгууламжийн зөвшөөрөгдөх боломжтой эрсдлийн хамгийн их утга  **3.39**  **аянгын хамгаалалтын түвшин**  **АХТ**  Байгалийн аянгад холбогдох хамгийн их ба хамгийн бага тооцооны утгаас хэтрэхгүй байх магадлалд хамаарах тоо аянгын гүйдлийн параметрийн утгын багцтай холбоотой тоо  ТАЙЛБАР: Аянгын хамгаалалтын түвшинг аянгын гүйдлийн параметрт холбогдох багцын дагуу хамгаалалтын арга хэмжээг зохиоход ашигладаг.  **3.40**  **хамгаалалтын арга хэмжээ**  эрсдлийг бууруулахын тулд хамгаалагдах ёстой байгууламжид хэрэглэх арга хэмжээ  **3.41**  **аянгын хамгаалалт**  **АХ**  байгууламжийг аянганаас хамгаалах иж бүрэн систем бөгөөд энэ нь дотоод систем, агууламж, хүн түүнчлэн АХС болон ХХХТ бүрдэнэ.  **3.42**  **аянгын хамгаалалтын систем**  **АХС**  байгууламж руу аянга буусны улмаас учрах бодит хохирлыг багасгахад зориулсан иж бүрэн систем  ТАЙЛБАР: Аянга хамгаалах гадаад болон дотоод системээс бүрддэг.  **3.43**  **аянгаас хамгаалах гадаад систем**  аянга хүлээн авах систем, доош дамжуулагчийн систем, газардуулгын системээс бүрдэх АХС-ийн хэсэг  **3.44**  **аянгаас хамгаалах дотоод систем**  аянгын эквипотенциал холболт ба / эсвэл гадаад АХС-ийн цахилгаан тусгаарлагч зэргээс бүрдэх хэсэг  **3.45**  **аянга хүлээн авах систем**  аянга цахилалтыг хүлээн авах зориулалттай саваа, торон дамжуулагч, эсвэл цахилгаан утас гэх мэт төмөр элементийг ашигладаг гадаад АХС-ийн нэг хэсэг.  **3.46**  **доош дамжуулагч систем**  аянга хүлээн авах системээс газардуулгын систем рүү аянгын цахилгаан гүйдэл дамжуулах зориулалттай гадаад АХС-ийн хэсэг  **3.47**  **газардуулгын систем**  аянгын гүйдэл дамжуулах ба газарт тархаах зориулалттай гадаад АХС-ийн нэг хэсэг  **3.48**  **гадаад дамжуулагч хэсэг**  Аянгын гүйдлийн хэсгийг дамжуулж болох шугам хоолой, кабелийн металл элемент, металл суваг гэх мэт хамгаалагдах байгууламжаас орж гарах өргөтгөсөн металл эд зүйлс.  **3.49**  **аянгын эквипотенциал холбоо**  **EB**  Аянгын гүйдлийн улмаас үүсэх потенциалын зөрүүг багасгахын тулд АХС-ийн тусгаарлагдсан металл хэсэгийг шууд дамжуулагч холболтоор эсвэл хэт хүчдлээс хамгаалах төхөөрөмжөөр дамжуулан холбосон холболт.  **3.50**  **ердийн газардуулгын бүрэн эсэргүүцэл**  ихэвчлэн нэгэн зэрэг тохиолддоггүй газардуулгын хүчдэл ба газардуулгын гүйдлийн оргил утгын харьцаа  **3.51**  **АЦСИ хамгаалах арга хэмжээ**  **SPM**  АЦСИ-ийн нөлөөнөөс дотоод системийг хамгаалах арга хэмжээ  ТАЙЛБАР: Энэ бол аянгын нийт хамгаалалтын хэсэг юм.  **3.52**  **соронзон экран**  цахилгаан, электрон системийн гэмтлийг багасгахын тулд хамгаалагдах ёстой байгууламжийг буюу түүний хэсгийг бүрхэх хаалттай, төмөр, торон эсвэл үргэлжилсэн дэлгэц.  **3.53**  **хэт хүчдлээс хамгаалах төхөөрөмж**  ХХХТ  шилжилтийн процессын хэт хүчдэлийг хязгаарлах, цохилтын гүйдлийг зайлуулах зориулалттай төхөөрөмж; дор хаяж нэг шугаман бус бүрэлдэхүүнээс бүрдэнэ.  **3.54**  **зохицуулалттай ХХХТ систем**  цахилгаан болон электрон системийн эвдрэлийг бууруулах зорилготой системийг бүрдүүлэхийн тулд зөв сонгож, зохицуулж, суурилуулсан ХХХТ.  **3.55**  **тэсвэрлэх хэвийн импульсийн хүчдэл**  **UW**  Үйлдвэрлэгчээс тогтоосон тоног төхөөрөмж эсвэл түүний хэсгийн хэт хүчдэлээс хамгаалах тусгаарлалын тэсвэрлэх чадвараар тодорхойлогддог тэсвэрлэх импульсийн хүчдэл.  ТАЙЛБАР: Энэ стандартын зорилгоор зөвхөн хүчдэлтэй дамжуулагч, газар хоёрын хооронд тэсвэрлэх хүчдлийг авч үзнэ.  [IEC 60664-1:2007, тайлбар 3.9.2][1][1](#_bookmark0)  1Дөрвөлжин хаалтанд байгаа эшлэл нь номын жагсаалтанд хамаарна.  **3.56**  **тусгаарлах интерфейс**  АХБ-т нэвтэрч буй шугам дээр гарсан хэт хүчдлийг бууруулах чадвартай төхөөрөмж.  ТАЙЛБАР 1: Үүнд ороомог, металлгүй шилэн кабель, оптик тусгаарлагч хоорондын газардуулгатай экран бүхий тусгаарлах трансформатор орно.  ТАЙЛБАР 2: Эдгээр төхөөрөмжийн тусгаарлалын тэсвэрлэх чадвар нь энэ хэрэглээнд эсвэл ХХХТ-өөр дамжин тохирох болно.  **4 Аянгын гүйдлийн параметр**   IEC 62305 цувралд ашигласан аянгын гүйдлийн параметрийг А хавсралтад үзүүлэв.  Шинжилгээний зорилгоор ашиглах аянгын гүйдлийн хугацааны функцийг В хавсралтад ашиглах.  Туршилтын зорилгоор аянгын гүйдэл загварчлах мэдээллийг С хавсралтад үзүүлэв.  АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэг дэх аянгын нөлөөллийг загварлахын тулд лабораторид ашиглах үндсэн параметрийг D хавсралтад үзүүлэв.  Янз бүрийн суурилуулах цэг дээрх аянганаас үүсэх хэт хүчдлийн холбоотой мэдээллийг Е хавсралтад үзүүлэв.  **5 Аянгын үед үүсэх хохирол**  **5.1 Байгууламжид гэмтэл учруулах нь**  Байгууламжид бууж буй аянга нь тухайн байгууламжийг болон түүний оршин суугчид, доторх эд зүйлс, түүний дотор дотоод системийг гэмтээдэг. Гэмтэл, эвдрэл нь байгууламжийн эргэн тойронд, цаашлаад тухайн орчинд ч өргөжиж болзошгүй байдаг. Энэхүү өргөжих цар хүрээ нь байгууламж болон аянгын цахилалтын шинж чанараас хамаарна.  **5.1.1 Аянгын байгууламжид үзүүлэх нөлөө**  Аянгын нөлөөнд хамаарах байгууламжийн үндсэн шинж чанарт дараах зүйлс багтана. Үүнд:  − Бүтэц (жишээ нь мод, тоосго, бетон, хүчитгэсэн бетон, ган хүрээтэй бүтэц);  − Үйл ажиллагаа (орон сууц, албан газар, ферм, театр, зочид буудал, сургууль, эмнэлэг, музей, сүм, шорон, их дэлгүүр, банк, үйлдвэр, станц, спорт талбай);  - оршин суугч, эд зүйлс (хүн, амьтан, шатамхай эсвэл шатамхай бус материал, тэсрэмтгий эсвэл тэсрэмтгий бус материал, нам эсвэл өндөр хүчдэл даах цахилгаан, электрон систем);  холбогдсон шугам сүлжээ (цахилгааны шугам, харилцаа холбооны шугам, шугам хоолой);  - одоо байгаа буюу авсан хамгаалах арга хэмжээ (бие махбодийн гэмтэл, амь насыг аюулаас хамгаалах арга хэмжээ, дотоод системийн эвдрэлийг бууруулах хамгаалах арга хэмжээ);  - Аюулын өргөжих хэмжээ (нүүлгэн шилжүүлэхэд бэрхшээлтэй байгууламж, төөрөгдөл бий болох байгууламж, эргэн тойрондоо аюултай байгууламж, хүрээлэн буй орчиндоо аюултай байгууламж).  Хүснэгт 1-д төрөл бүрийн байгууламжид аянгын нөлөө ямар байхыг үзүүлэв. | **3 Terms and definitions**  For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.  **3.1**  **lightning flash to earth**  electrical discharge of atmospheric origin between cloud and earth consisting of one or more strokes  **3.2**  **downward flash**  lightning flash initiated by a downward leader from cloud to earth  NOTE A downward flash consists of a first impulse, which can be followed by subsequent impulses. One or more impulses may be followed by a long stroke.  **3.3**  **upward flash**  lightning flash initiated by an upward leader from an earthed structure to cloud  NOTE An upward flash consists of a first long stroke with or without multiple superimposed impulses. One or more impulses may be followed by a long stroke.  **3.4**  **lightning stroke**  single electrical discharge in a lightning flash to earth  **3.5**  **short stroke**  part of the lightning flash which corresponds to an impulse current  NOTE This current has a time T2 to the half peak value on the tail typically less than 2 ms (see Figure A.1).  **3.6**  **long stroke**  part of the lightning flash which corresponds to a continuing current  NOTE The duration time TLONG (time from the 10 % value on the front to the 10 % value on the tail) of this continuing current is typically more than 2 ms and less than 1 s (see Figure A.2).  **3.7**  **multiple strokes**  lightning flash consisting on average of 3-4 strokes, with typical time interval between them of about 50 ms  NOTE Events having up to a few dozen strokes with intervals between them ranging from 10 ms to 250 ms have been reported.  **3.8**  **point of strike**  point where a lightning flash strikes the earth, or protruding structure (e.g., structure, LPS, line, tree, etc.)  NOTE A lightning flash may have more than one point of strike  **3.9**  **lightning current**  ***i***  current flowing at the point of strike  **3.10**  **current peak value**  ***I***  maximum value of the lightning current  **3.11**  **average steepness of the front of impulse current**  average rate of change of current within a time interval Δt = t2 – t1  NOTE It is expressed by the difference Δi = i(t2) – i(t1) of the values of the current at the start and at the end of this interval, divided by the time interval Δt = t2 – t1 (see Figure A.1).  **3.12**  **front time of impulse current**  ***T1***  virtual parameter defined as 1,25 times the time interval between the instants when the 10 % and 90 % of the peak value are reached (see Figure A.1)  **3.13**  **virtual origin of impulse current**  ***O1***  point of intersection with time axis of a straight line drawn through the 10 % and the 90 % reference points on the stroke current front (see Figure A.1); it precedes by 0,1 T1 that instant at which the current attains 10 % of its peak value  **3.14**  **time to half value on the tail of impulse current**  ***T2***  virtual parameter defined as the time interval between the virtual origin O1 and the instant at which the current has decreased to half the peak value on the tail (see Figure A.1)  **3.15**  **flash duration**  ***T***  time for which the lightning current flows at the point of strike  **3.16**  **duration of long stroke current**  ***TLONG***  time duration during which the current in a long stroke is between 10 % of the peak value during the increase of the continuing current and 10 % of the peak value during the decrease of the continuing current (see Figure A.2)  **3.17**  **flash charge**  ***QFLASH***  value resulting from the time integral of the lightning current for the entire lightning flash duration  **3.18**  **impulse charge**  ***QSHORT***  value resulting from the time integral of the lightning current in an impulse  **3.19**  **long stroke charge**  ***QLONG***  value resulting from the time integral of the lightning current in a long stroke  **3.20**  **specific energy**  ***W/R***  value resulting from the time integral of the square of the lightning current for the entire flash duration  NOTE It represents the energy dissipated by the lightning current in a unit resistance.  **3.21**  **specific energy of impulse current**  value resulting from the time integral of the square of the lightning current for the duration of the impulse  NOTE The specific energy in a long stroke current is negligible.  **3.22**  **structure to be protected**  structure for which protection is required against the effects of lightning in accordance with this standard  NOTE A structure to be protected may be part of a larger structure.  **3.23**  **line**  power line or telecommunication line connected to the structure to be protected  **3.24**  **telecommunication lines**  lines intended for communication between equipment that may be located in separate structures, such as a phone line and a data line  **3.25**  **power lines**  distribution lines feeding electrical energy into a structure to power electrical and electronic equipment located there, such as low voltage (LV) or high voltage (HV) electric mains  **3.26**  **lightning flash to a structure**  lightning flash striking a structure to be protected  **3.27**  **lightning flash near a structure**  lightning flash striking close enough to a structure to be protected that it may cause dangerous overvoltages  **3.28**  **electrical system**  system incorporating low voltage power supply components  **3.29**  **electronic system**  system incorporating sensitive electronic components such as telecommunication equipment, computer, control and instrumentation systems, radio systems, power electronic installations  **3.30**  **internal systems**  electrical and electronic systems within a structure  **3.31**  **physical damage**  damage to a structure (or to its contents) due to mechanical, thermal, chemical and explosive effects of lightning  **3.32**  **injury of living beings**  permanent injuries, including loss of life, to people or to animals by electric shock due to touch and step voltages caused by lightning  NOTE Although living beings may be injured in other ways, in this standard the term ‘injury to living beings’ is limited to the threat due to electrical shock (type of damage D1).  **3.33**  **failure of electrical and electronic systems**  permanent damage of electrical and electronic systems due to LEMP  **3.34**  **lightning electromagnetic impulse**  **LEMP**  all electromagnetic effects of lightning current via resistive, inductive and capacitive coupling that create surges and radiated electromagnetic fields  **3.35**  **surge**  transient created by LEMP that appears as an overvoltage and/or an overcurrent  **3.36**  **lightning protection zone**  LPZ  zone where the lightning electromagnetic environment is defined  NOTE The zone boundaries of an LPZ are not necessarily physical boundaries (e.g., walls, floor and ceiling).  **3.37**  **risk**  **R**  value of probable average annual loss (humans or goods) due to lightning, relative to the total value (humans or goods) of the structure to be protected  **3.38**  **tolerable risk**  **RT**  maximum value of the risk which can be tolerated for the structure to be protected  **3.39**  **lightning protection level**  **LPL**  number related to a set of lightning current parameters values relevant to the probability that the associated maximum and minimum design values will not be exceeded in naturally occurring lightning  NOTE Lightning protection level is used to design protection measures according to the relevant set of lightning current parameters.  **3.40**  **protection measures**  measures to be adopted for the structure to be protected in order to reduce the risk  **3.41**  **lightning protection**  **LP**  complete system for protection of structures against lightning, including their internal systems and contents, as well as persons, in general consisting of an LPS and SPM  **3.42**  **lightning protection system**  **LPS**  complete system used to reduce physical damage due to lightning flashes to a structure  NOTE It consists of both external and internal lightning protection systems.  **3.43**  **external lightning protection system**  part of the LPS consisting of an air-termination system, a down-conductor system and an earth-termination system  **3.44**  **internal lightning protection system**  part of the LPS consisting of lightning equipotential bonding and/or electrical insulation of external LPS  **3.45**  **air-termination system**  part of an external LPS using metallic elements such as rods, mesh conductors or catenary wires intended to intercept lightning flashes  **3.46**  **down-conductor system**  part of an external LPS intended to conduct lightning current from the air-termination system to the earth-termination system  **3.47**  **earth-termination system**  part of an external LPS which is intended to conduct and disperse lightning current into the earth  **3.48**  **external conductive parts**  extended metal items entering or leaving the structure to be protected such as pipe works, cable metallic elements, metal ducts, etc. which may carry a part of the lightning current  **3.49**  **lightning equipotential bonding**  **EB**  bonding to LPS of separated metallic parts, by direct conductive connections or via surge protective devices, to reduce potential differences caused by lightning current  **3.50**  **conventional earthing impedance**  ratio of the peak values of the earth-termination voltage and the earth-termination current which, in general, do not occur simultaneously  **3.51**  **LEMP protection measures**  **SPM**  measures taken to protect internal systems against the effects of LEMP  NOTE This is part of overall lightning protection.  **3.52**  **magnetic shield**  closed, metallic, grid-like or continuous screen enveloping the structure to be protected, or part of it, used to reduce failures of electrical and electronic systems  **3.53**  **surge protective device**  SPD  device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents; contains at least one non linear component  **3.54**  **coordinated SPD system**  SPDs properly selected, coordinated and installed to form a system intended to reduce failures of electrical and electronic systems  **3.55**  **rated impulse withstand voltage**  **UW**  impulse withstand voltage assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it,  characterizing the specified withstand capability of its insulation against overvoltages  NOTE For the purposes of this standard, only withstand voltage between live conductors and earth is considered.  [IEC 60664-1:2007, definition 3.9.2][1] [1](#_bookmark0)  **3.56**  **isolating interfaces**  devices which are capable of reducing conducted surges on lines entering the LPZ  NOTE 1 These include isolation transformers with earthed screen between windings, metal free fibre optic cables and opto-isolators.  NOTE 2 Insulation withstand characteristics of these devices are suitable for this application intrinsically or via SPD.    **4 Lightning current parameters**  The lightning current parameters used in the IEC 62305 series are given in Annex A.  The time function of the lightning current to be used for analysis purposes is given in Annex B.  Information for simulation of lightning current for test purposes is given in Annex C.  The basic parameters to be used in laboratories to simulate the effects of lightning on LPS components are given in Annex D.  Information on surges due to lightning at different installation points is given in Annex E.  **5 Damage due to lightning**  **5.1 Damage to a structure**  Lightning affecting a structure can cause damage to the structure itself and to its occupants and contents, including failure of internal systems. The damages and failures may also extend to the surroundings of the structure and even involve the local environment. The scale of this extension depends on the characteristics of the structure and on the characteristics of the lightning flash.  **5.1.1 Effects of lightning on a structure**  The main characteristics of structures relevant to lightning effects include:  - construction (e.g., wood, brick, concrete, reinforced concrete, steel frame construction);  - function (dwelling house, office, farm, theatre, hotel, school, hospital, museum, church, prison, department store, bank, factory, industry plant, sports area);  - occupants and contents (persons and animals, presence of combustible or non-combustible materials, explosive or non-explosive materials, electrical and electronic systems with low or high withstand voltage);  - connected lines (power lines, telecommunication lines, pipelines);  - existing or provided protection measures (protection measures to reduce physical damage and life hazard, protection measures to reduce failure of internal systems);  - scale of the extension of danger (structure with difficulty of evacuation or structure where panic may be created, structure dangerous to the surroundings, structure dangerous to the environment).  Table 1 reports the effects of lightning on various types of structures. |

**Хүснэгт 1 – Байгууламжид үзүүлэх аянгын нөлөө**

|  |  |
| --- | --- |
| **Үүрэг зориулалт ба агуулж буй зүйлээс хамаарсан байгууламжийн төрөл** | **Аянгын нөлөө** |
| Орон сууцны байшин | Цахилгаан тоног төхөөрөмж, гал түймэр, материалын эвдрэл  Хохирол нь ихэвчлэн цахилалтын цэг эсвэл аянгын гүйдлийн замд өртсөн байгууламжид үүсдэг.  Цахилгаан, электрон тоног төхөөрөмж, суурилагдсан системийн эвдрэл (жишээ нь зурагт, компьютер, модем, утас гэх мэт). |
| Фермерийн аж ахуйн барилга | Галын болон аюултай алхмын хүчдэлийн анхдагч эрсдэл, түүнчлэн материалын гэмтэл  Цахилгаан эрчим хүчний тасалдлын улмаас хоёрдогч эрсдэл, агааржуулалт болон хоол хүнс хангамжийн системийн электрон удирдлагын гэмтлээс шалтгаалан гарах мал сүрэг хорогдох аюул. |
| Театр  Зочид буудал  Сургууль  Их дэлгүүр  Спортын талбай | Цахилгаан тоног төхөөрөмжинд (жишээ нь цахилгаан гэрэлтүүлэг) гарсан гэмтэл нь үймээн самуунд хүргэж болзошгүй  Галын дохиолол эвдэрснээс гал унтраах арга хэмжээ оройтох |
| Банк  Даатгалын компани  Арилжааны компани гэх мэт. | Дээр дурдсан дээр нэмэгдэн харилцаа холбоо тасрах, компьютер эвдрэх, мэдээлэл алдагдахтай холбоотой асуудлууд гарч ирнэ |
| Эмнэлэг  Асрамжийн газар, шорон | Дээр дурдсан дээр нэмэгдэн эрчимт эмчилгээ хийлгэж буй хүмүүст асуудал гарах, хөдлөх боломжгүй хүмүүсийг аврахад хүндрэл үүснэ. |
| Үйлдвэр | Үйлдвэрийн үйл ажиллагааны чиглэлээс хамааран бага хэмжээнээс эхлээд зөвшөөрөх боломжгүй гэмтэл, бүтээгдэхүүний алдагдал зэргийг багтаасан нэмэлт нөлөө үүснэ. |
| Музей ба археологийн газар  Сүм | Соёлын орлуулшгүй өв соёлоо алдах |
| Харилцаа холбоо  Цахилгаан станц | Олон нийтэд үзүүлэх үйлчилгээний зөвшөөрөх боломжгүй алдагдал |
| Салютны үйлдвэр  Зэвсгийн үйлдвэр | Үйлдвэр ба түүний эргэн тойронд гарсан гал, дэлбэрэлтийн үр дагавар |
| Химийн үйлдвэр  Боловсруулах үйлдвэр  Цөмийн үйлдвэр  Биохимийн лаборатори ба станц | Орон нутаг болон дэлхийн хүрээлэн буй орчинд учруулахуйц хортой үр дагавартай үйлдвэрийн гал ба гэмтэл |

**Table 1 – Effects of lightning on typical structures**

|  |  |
| --- | --- |
| **Type of structure according to function and/or contents** | **Effects of lightning** |
| Dwelling-house | Puncture of electrical installations, fire and material damage  Damage normally limited to structures exposed to the point of strike or to the lightning current path  Failure of electrical and electronic equipment and systems installed (e.g. TV sets, computers, modems, telephones, etc.) |
| Farm building | Primary risk of fire and hazardous step voltages as well as material damage  Secondary risk due to loss of electric power, and life hazard to livestock due to failure of electronic control of ventilation and food supply systems, etc. |
| Theatre  Hotel  School  Department store  Sports area | Damage to the electrical installations (e.g. electric lighting) likely to cause panic  Failure of fire alarms resulting in delayed fire fighting measures |
| Bank  Insurance company  Commercial company, etc. | As above, plus problems resulting from loss of communication, failure of computers and loss of data |
| Hospital  Nursing home Prison | As above, plus problems of people in intensive care, and the difficulties of rescuing immobile people |
| Industry | Additional effects depending on the contents of factories, ranging from minor to unacceptable damage and loss of production |
| Museums and archaeological site  Church | Loss of irreplaceable cultural heritage |
| Telecommunication  Power plants | Unacceptable loss of services to the public |
| Firework factory  Munitions works | Consequences of fire and explosion to the plant and its surroundings |
| Chemical plant  Refinery  Nuclear plant  Biochemical laboratories and plants | Fire and malfunction of the plant with detrimental consequences to the local  and global environment |

|  |  |
| --- | --- |
| **5.1.2 Байгууламжид үүсэх хохирлын үндэс болон төрөл**   Аянгын гүйдэл нь хохирлын эх үүсвэр юм. Байгууламжид хамаарах аянга ниргэх цэгийн байрлалаас хамаарч дараах нөхцөл байдлыг харгалзан үзнэ. Үүнд:  a) S1: байгууламж руу буух;  b) S2: байгууламжтай ойролцоо буух;  c) S3: байгууламжтай холбогдсон шугамд буух;  d) S4: байгууламжтай холбогдсон шугамын ойролцоо буух.  **a) Аянга байгууламж дээр бууснаар доорх хохирол үүсгэж болзошгүй. Үүнд:**  - Аянгын плазмын халуун нумын улмаас механик гэмтэл, гал түймэр ба / эсвэл тэсрэлт хоромхон зуур үүсэх, гүйдлийн улмаас дамжуулагч халах (дамжуулагч хэт халах), эсвэл цэнэгийн улмаас нуман элэгдэл (хайлсан металл) үүсэх;  - Эсэргүүцэл ба индуктив холболт, аянгын гүйдлийн хэсэг дамжин өнгөрөхөд үүссэн хэт их хүчдэлээс шалтгаалсан очноос гал / эсвэл тэсрэлт үүснэ;  -эсэргүүцэл ба индуктив холболтоос үүссэн алхмын болон шүргэх хүчдэлийн улмаас амьд бие цахилгаан цохиулах замаар гэмтэх;  -аянгын цахилгаан соронзон импульсийн улмаас дотоод систем гэмтэх эсвэл буруу ажиллах.  **b) Аянга байгууламжийн ойролцоо бууснаар доорх хохирол үүсч болзошгүй. Үүнд:**   * аянгын цахилгаан соронзон импульсийн улмаас дотоод систем гэмтэх эсвэл буруу ажиллах.  **c) Аянга байгууламжтай холбогдсон шугам дээр бууснаар доорх хохирол үүсч болзошгүй. Үүнд:**  - Эсэргүүцэл ба индуктив холболт, аянгын гүйдлийн хэсэг дамжин өнгөрөхөд үүссэн хэт их хүчдэлээс шалтгаалсан очноос гал / эсвэл тэсрэлт үүснэ;  - Холбогдсон шугамаар дамжих аянгын гүйдлийн улмаас байгууламжийн дотор амьд биет шүргэх хүчдэлд нэрвэгдэн гэмтэх;  -     Холбогдсон шугам болон байгууламжинд бий болсон хэт хүчдэлийн улмаас дотоод систем гэмтэх эсвэл буруу ажиллах. **d) Аянга байгууламжтай холбогдсон шугамын ойролцоо бууснаар доорх хохирол үүсч болзошгүй. Үүнд:** - холбогдсон шугам болон байгууламжинд өндөр хүчдэл бий болсны улмаас дотоод систем гэмтэх эсвэл буруу ажиллах.  ТАЙЛБАР 1: Дотоод сүлжээний доголдол IEC 62305 цувралд хамрагдахгүй. IEC 61000-4-5 [2]-т тайлбар өгөх шаардлагатай.  ТАЙЛБАР 2: Зөвхөн аянгын гүйдэл (нийт буюу хэсэгчилсэн) – тэй цахилалт нь гал өдөөх боломжтой гэж үздэг.   ТАЙЛБАР 3: Аянга нь орж буй шугам хоолой руу чиглэж эсвэл ойрхон байхад тэдгээр нь байгууламжийн эквипотенциал шинд бэхлэгдсэн тохиолдолд байгууламжид гэмтэл учруулахгүй (IEC 62305-3-ийг үзнэ үү).  Үүний үр дүнд аянга гурван үндсэн гэмтэл үүсгэж болзошгүй. Үүнд:  −D1: амьд биет цахилгаан цохиулснаар гэмтэх;  −D2: Аянгын гүйдэл болон ниргэлтийн нөлөөнөөс үүсч болох бодит гэмтэл (гал, тэсрэлт, механик устгал, химийн ялгаруулалт);  −D3: аянгын цахилгаан соронзон импульсийн улмаас дотоод системийн гэмтэл  **5.2 Хохирлын төрөл**  Хамгаалах байгууламжид хамаарах эвдрэлийн төрөл бүр нь дангаараа эсвэл бусадтай хослон өөр өөр үр дагаварт хүргэж болзошгүй. Хохирлын төрөл нь байгууламжийн өөрийн онцлогоос хамаарна.  IEC 62305 стандартын хувьд байгууламжид хамаарах эвдрэлийн үр дагавар болох дараах төрлийн хохирлыг харгалзан үзнэ.  − L1: Хүний амь насны хохирол (хүнд гэмтэлд орно).  − L2: олон нийтэд үзүүлэх үйлчилгээний хохирол.  − L3: соёлын өвийн хохирол;  − L4: эдийн засгийн үнэ цэнийн хохирол (байгууламж, түүний эд зүйлс, үйл ажиллагааны хохирол)  ТАЙЛБАР: IEC 62305-т заасны дагуу зөвхөн хий, ус, зурагт, хангамж, цахилгаан хангамж зэрэг үйлчилгээг олон нийтийн үйлчилгээ гэж үзэж байна.  L1, L2, L3 хэлбэрийн хохирлыг нийгмийн үнэ цэнийн хохирол гэж үзэж болох бол L4 хэлбэрийн хохирлыг зөвхөн эдийн засгийн хохирол гэж үзэж болно.  Гэмтлийн эх үүсвэр, хохирлын төрөл, хохирол хоорондын хамаарлыг Хүснэгт 2-т харуулав. | **5.1.2 Sources and types of damage to a structure**  The lightning current is the source of damage. The following situations shall be taken into account, depending on the position of the point of strike relative to the structure considered:   1. S1: flashes to the structure; 2. S2: flashes near the structure; 3. S3: flashes to the lines connected to the structure; 4. S4: flashes near the lines connected to the structure. 5. **Flashes to the structure can cause:**  * immediate mechanical damage, fire and/or explosion due to the hot lightning plasma arc itself, due to the current resulting in ohmic heating of conductors (over-heated conductors), or due to the charge resulting in arc erosion (melted metal); * fire and/or explosion triggered by sparks caused by overvoltages resulting from resistive and inductive coupling and to passage of part of the lightning currents; * injury to living beings by electric shock due to step and touch voltages resulting from resistive and inductive coupling; * failure or malfunction of internal systems due to LEMP.  1. **Flashes near the structure can cause:**  * failure or malfunction of internal systems due to LEMP.  1. **Flashes to a line connected to the structure can cause:**  * fire and/or explosion triggered by sparks due to overvoltages and lightning currents transmitted through the connected line; * injury to living beings by electric shock due to touch voltages inside the structure caused by lightning currents transmitted through the connected line; * failure or malfunction of internal systems due to overvoltages appearing on connected lines and transmitted to the structure.  1. **Flashes near a line connected to the structure can cause:**  * failure or malfunction of internal systems due to overvoltages induced on connected lines and transmitted to the structure.   NOTE 1 Malfunctioning of internal systems is not covered by the IEC 62305 series. Reference should be made to IEC 61000-4-5 [2].  NOTE 2 Only the sparks carrying lightning current (total or partial) are regarded as able to trigger fire.  NOTE 3 Lightning flashes, direct to or near the incoming pipelines, do not cause damages to the structure, provided that they are bonded to the equipotential bar of the structure (see IEC 62305-3).  As a result, the lightning can cause three basic type of damage:   * D1: injury to living beings by electric shock; * D2: physical damage (fire, explosion, mechanical destruction, chemical release) due to lightning current effects, including sparking; * D3: failure of internal systems due to LEMP.   **5.2 Types of loss**  Each type of damage relevant to structure to be protected, alone or in combination with others, may produce different consequential loss. The type of loss that may appear depends on the characteristics of the structure itself.  For the purposes of IEC 62305, the following types of loss, which may appear as consequence of damages relevant to structure, are considered:   * L1: loss of human life (including permanent injury); * L2: loss of service to the public; * L3: loss of cultural heritage; * L4: loss of economic value (structure, its content, and loss of activity).   NOTE For the purposes of IEC 62305, only utilities such as gas, water, TV, TLC and power supply are considered service to the public.  Losses of type L1, L2 and L3 may be considered as loss of social values, whereas a loss of type L4 may be considered as purely an economic loss.  The relationship between source of damage, type of damage and loss is reported in Table 2. |

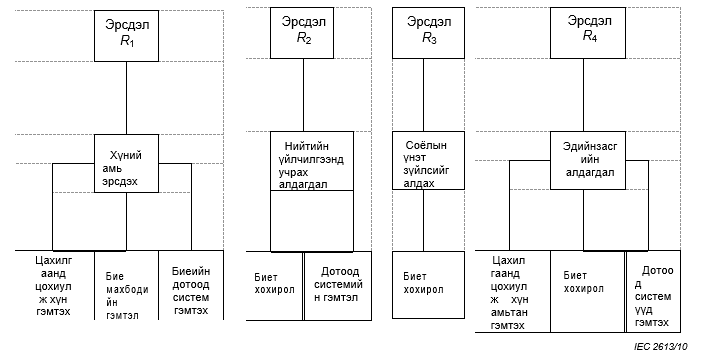
**Хүснэгт 2- Аянга буух янз бүрийн цэгийн дагуу байгууламжид учрах гэмтэл, хохирол**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Аянга буух цэг** |  | **Гэмтлийн эх үүсвэр** | **Гэмтлийн төрөл** | **Хохирлын төрөл** |
| Байгууламж |  | S1 | D1  D2  D3 | L1,L4а  L1, L2, L3, L4 L1b , L2, L4 |
| Байгууламжийн ойролцоо |  | S2 | D3 | L1b , L2, L4 |
| Байгууламжтай холбогдсон шугам |  | S3 | D1  D2  D3 | L1, L4а  L1, L2, L3, L4 L1b , L2, L4 |
| Шугамын ойролцоо |  | S4 | D3 | L1b , L2, L4 |
| а Амьтны хохирол гарч болзошгүй үл хөдлөх хөрөнгийн хувьд.  б Зөвхөн тэсрэх эрсдэлтэй барилга байгууламж болон дотоод системийн доголдол нь хүний амь насанд шууд аюул учруулах эмнэлэг эсвэл бусад байгууламжид зориулагдсан. | | | | |

**Table 2 – Damage and loss relevant to a structure according to different points of strike of lightning**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Point of strike** |  | **Source of damage** | **Type of damage** | **Type of loss** |
| Structure |  | S1 | D1  D2  D3 | L1,L4а  L1, L2, L3, L4 L1b , L2, L4 |
| Near a structure |  | S2 | D3 | L1b , L2, L4 |
| Line connected to the structure |  | S3 | D1  D2  D3 | L1, L4а  L1, L2, L3, L4 L1b , L2, L4 |
| Near a line |  | S4 | D3 | L1b , L2, L4 |
| 1. Only for properties where animals may be lost..   b Only for structures with risk of explosion and for hospitals or other structures where failure of internal systems immediately endangers human life.b | | | | |

Гэмтлийн төрлөөс үүсэх хохирлын төрөл болон холбогдох эрсдэлийг Зураг 2-т үзүүлэв.

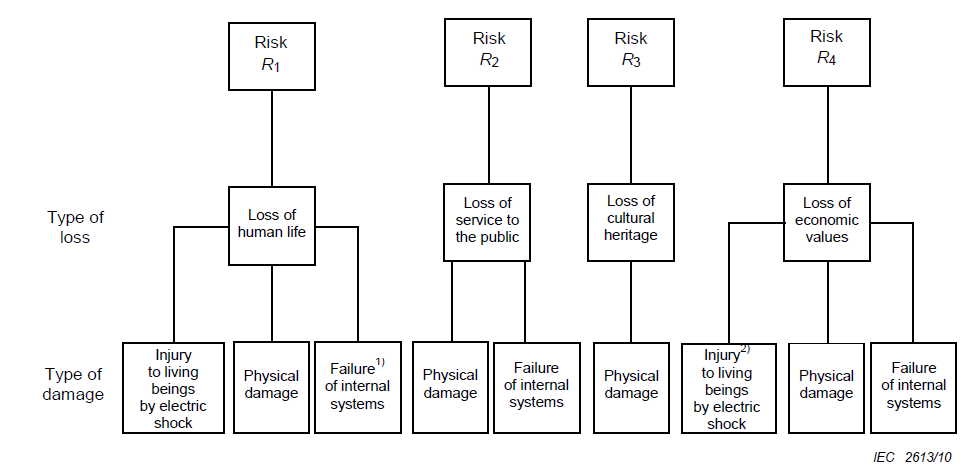


a Зөвхөн дотоод системийн гэмтэл нь хүний амь насанд шууд аюул учруулж болзошгүй эмнэлэг эсвэл бусад байгууламжид зориулагдсан.

bЗөвхөн амьтдын хохирол гарч болзошгүй хөрөнгөд зориулагдсан.

**Зураг 2 - Төрөл бүрийн гэмтлээс үүдсэн алдагдлын төрөл ба холбогдох эрсдэлүүд**

Types of loss resulting from types of damage and the corresponding risks are reported in Figure 2.



a Only for hospitals or other structures where failure of iternal systems immediately endanger human life.

B only for properties where animals may be lost.

**Figure 2 – Types of loss and corresponding risks resulting from different types of damage**

|  |  |
| --- | --- |
| **6 Аянгын хамгаалалтын шаардлага болон эдийн засгийн үндэслэл**  **6.1 Аянгын хамгаалалтын шаардлага**  Нийгмийн үнэ цэнэ L1, L2, L3-ын хохирлыг багасгахын тулд хамгаалагдах ёстой байгууламжийн аянгын хамгаалалтын шаардлагыг үнэлсэн байх хэрэгтэй.  Байгууламжинд аянгын хамгаалалт шаардлагатай эсэхийг үнэлэхийн тулд IEC 62305-2-т тусгасан журмын дагуу эрсдлийн үнэлгээг хийх ёстой. 5.2-т заасан хохирлын төрөлд харгалзах дараах эрсдлийг харгалзан үзэх хэрэгтэй. Үүнд:   * *R*1: хүн амь насаа алдах эсвэл байнгын гэмтэл авах эрсдэл; * *R*2: олон нийтийн үйлчилгээ алдагдах эрсдэл; * *R*3: соёлын өв хохирох эрсдэл.   ТАЙЛБАР 1 Эрсдэл *R*4: эдийн засгийн үнэ цэнийн хохирол, аянгын хамгаалалтын эдийн засгийн үндэслэлийг авч үзэх бүрт үнэлэх хэрэгтэй (6.2-ыг үзнэ үү).  R (*R*1- ээс *R*3) эрсдэл нь *R*T зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс их байвал аянгын хамгаалалт шаардлагатай  *R*>*R*T  Энэ тохиолдолд R (*R*1 –ээс *R*3) эрсдлийг *R*T тэсвэрлэх түвшин хүртэл бууруулах зорилгоор хамгаалах арга хэмжээг авна.  *R*≤*R*T  Хэрэв нэгээс олон төрлийн хохирол гарч ирэх юм бол хохирлын төрөл тус бүрээр (*L*1, *L*2, *L*3) R ≤ *R*T нөхцлийг хангах ёстой.  Аянга цахилгаанаас болж нийгмийн үнэ цэнтэй эд зүйлд хохирол учирч болзошгүй тохиолдолд зөвшөөрөгдөх эрсдэлийн *R*T -ийн утгыг улсын эрх бүхий байгууллага хариуцах ёстой.  ТАЙЛБАР 2 Эрсдлийн үнэлгээ хийх шаардлагагүйгээр тодорхой хэрэглээнд зориулж аянга цахилгаанаас хамгаалах хэрэгцээг харьяалах эрх бүхий байгууллага тодорхойлж болно. Эдгээр тохиолдолд аянга цахилгаанаас хамгаалах шаардлагатай түвшинг харьяалах эрх бүхий байгууллага тогтооно. Зарим тохиолдолд эрсдлийн үнэлгээг эдгээр шаардлагаас татгалзах үндэслэл болох арга техник болгон хийж болно.  ТАЙЛБАР 3 Эрсдэлийн үнэлгээ болон хамгаалалтын арга хэмжээг сонгох журмын талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг IEC 62305-2-д тусгасан болно.  **6.2 Аянгын хамгаалалтын эдийн засгийн үндэслэл**  Хамгаалах ёстой байгууламжийн аянгын хамгаалалтын шаардлагаас гадна эдийн засгийн алдагдал *L*4-ийг бууруулахын тулд авах хамгаалалтын арга хэмжээний эдийн засгийн үр ашгийг үнэлэх нь үр ашигтай байж болох юм.  Энэ тохиолдолд эдийн засгийн үнэ цэнэ алдах эрсдэл *R*4-ийг үнэлэх шаардлагатай. *R*4 эрсдэлийн үнэлгээ нь батлагдсан хамгаалалтын арга хэмжээг ашиглах болон ашиглахгүйгээр эдийн засгийн алдагдлын өртгийг үнэлэх боломж олгодог.  Хамгаалалтын арга хэмжээ байгаа тохиолдолд үлдэгдэл алдагдлын *C*RL зардал болон хамгаалалтын арга хэмжээний зардал *C*PM - -ын нийлбэр нь хамгаалалтын арга хэмжээ аваагүй нийт алдагдлын *C*L зардлаас бага байвал аянга цахилгаанаас хамгаалах зардал хэмнэлттэй байна.  *C*RL+*C*PM<*C*L  ТАЙЛБАР Аянгын хамгаалалтын эдийн засгийн үндэслэлийг үнэлэх нарийвчилсан мэдээллийг IEC 62305-2-д тусгасан болно | **6 Need and economic justification for lightning protection**  **6.1 Need for lightning protection**  The need for the lightning protection of a structure to be protected in order to reduce the loss of social values L1, L2 and L3 shall be evaluated.  In order to evaluate whether or not lightning protection of a structure is needed, a risk assessment in accordance with the procedures contained in IEC 62305-2 shall be made. The following risks shall be taken into account, corresponding to the types of loss reported in 5.2:   * *R*1: risk of loss or permanent injury of human life; * *R*2: risk of loss of services to the public; * *R*3: risk of loss of cultural heritage.   NOTE 1 Risk *R*4: risk of loss of economic values, should be assessed whenever the economic justification of lightning protection is considered (see 6.2).  Protection against lightning is needed if the risk R (*R*1 to *R*3) is higher than the tolerable level *R*T  *R*  *R*T  In this case, protection measures shall be adopted in order reduce the risk R (*R*1 –ээс *R*3) to the tolerable level *R*T  *R*≤*R*T  If more than one type of loss could appear, the condition R ≤ *R*T shall be satisfied for each type of loss (*L*1, *L*2 and *L*3).  The values of tolerable risk *R*T where lightning could result in the loss of items of social value should be under the responsibility of a competent national body.  NOTE 2 An authority having jurisdiction may specify the need for lightning protection for specific applications without requiring a risk assessment. In these cases, the required lightning protection level will be specified by the authority having jurisdiction. In some cases, a risk assessment may be performed as a technique by which to justify a waiver to these requirements.  NOTE 3 Detailed information on risk assessment and on the procedure for selection of protection measures is reported in IEC 62305-2.    **6.2 Economic justification of lightning protection**  Besides the need for lightning protection for the structure to be protected, it may be useful to evaluate the economic benefits of providing protection measures in order to reduce the economic loss *L*4.  In this case, the risk *R*4 of loss of economic values should be assessed. The assessment of risk *R*4 allows for the evaluation of the cost of the economic loss with and without the adopted protection measures.  Lightning protection is cost effective if the sum of the cost *C*RL of residual loss in the presence of protection measures and the cost *C*PM of protection measures is lower than the cost *C*L of total loss without protection measures:  *C*RL+*C*PM<*C*L  NOTE Detailed information on the evaluation of economic justification of lightning protection is reported in IEC 62305-2. |
| **7 Хамгаалах арга хэмжээ**  **7.1             Ерөнхий зүйл**  Эрсдлийг бууруулахын тулд гэмтлийн төрлөөс хамааруулан хамгаалалтын арга хэмжээ авч болно.  **7.2            Амьд биет цахилгаанд цохиулан гэмтэхийг бууруулж хамгаалах арга хэмжээ**  Хамгаалах боломжтой арга хэмжээнд дараах нь орно. Үүнд:  -ил дамжуулагчтай эд ангийг шаардлага хангахуйцаар тусгаарлах;  -тор хэлбэрийн газардуулах системээр эквипотенциалтай болгох;  −нэвтэрч орохыг хязгаарлах болон анхааруулга байрлуулах;  −аянгын эквипотенциал холбоо (ЭХ) хийх.  ТАЙЛБАР 1: Байгууламжийн дотор болон гадна талд газрын гадаргууг эквипотенциалтай болгох, контактын эсэргүүцлийг ихэсгэх нь хүний амь насанд учрах аюулыг бууруулах боломжтой юм.  ТАЙЛБАР 2 Хамгаалах арга хэмжээ нь зөвхөн АХС-ээр хамгаалагдсан байгууламжид л үр дүнтэй байдаг.  ТАЙЛБАР 3: Аадар бороо илрүүлэгч болон түүнтэй холбоотой авах арга хэмжээг ашиглах нь хүний амь насанд учрах аюулыг бууруулах боломжтой юм.  **7.3** **Бие махбодод учрах хохиролыг бууруулах хамгаалах арга хэмжээ**  Аянгын хамгаалалтын систем (АХС) нь дараах бүрэлдэхүүнтэй байдаг. Үүнд:  - аянга хүлээн авах систем  - доош дамжуулагч систем;  - газардуулах систем  - аянгын эквипотенциал холбоо (ЭХ).  - гадна АХС-ээс цахилгаан тусгаарлал хийх (улмаар тусгаарлах зай).  ТАЙЛБАР 1 АХС суурилуулсан тохиолдолд эквипотенциалжуулах нь галын болон тэсрэх аюул, амь насанд учрах аюулыг бууруулах маш чухал арга хэмжээ юм. Дэлгэрэнгүй мэдээллийг IEC 62305-3-аас авна уу  ТАЙЛБАР 2: Галд тэсвэртэй хэсэг, гал унтраагуур, гидрант, галын дохиолол, гал унтраах байгууламж зэрэг гал хөгжих, тархахыг хязгаарлах зэрэг хангамж нь бие махбодийн гэмтлийг бууруулах боломжтой юм.  ТАЙЛБАР 3 Тусгай хамгаалалттай аюулгүйн гарц нь ажилчдыг хамгаалах боломж олгодог.  **7.4 Цахилгаан болон электрон системийн эвдрэл бууруулах хамгаалалтын арга хэмжээ**  Боломжит хамгаалах арга хэмжээ (БХАХ) орно   * Газардуулах ба холбох арга хэмжээ, * соронзон хамгаалалт, * шугамын чиглэл, * тусгаарлах интерфейс, * зохицуулалттай ХХХТ систем.   Эдгээр арга хэмжээг дангаар нь эсвэл хослуулан хэрэглэж болно.  ТАЙЛБАР 1: Гэмтлийн эх үүсвэр S1-ийг авч үзэх үед хамгаалах арга хэмжээ нь зөвхөн АХС-ээр хамгаалагдсан байгууламжид үр дүнтэй байдаг.  ТАЙЛБАР 2: Аадар бороо илрүүлэгч болон түүнтэй холбоотой авах арга хэмжээг ашиглах нь цахилгаан болон электрон системийн эвдрэлийг бууруулах боломжтой.  **7.5             Хамгаалалтын аргыг сонгох**  7.2, 7.3, 7.4-т жагсаасан хамгаалалтын арга хэмжээ нь аянгын нийт хамгаалалтыг бүрдүүлнэ.  Хамгаалалтын арга хэмжээ зохион бүтээгч болон хамгаалалтад авах байгууламж эзэмшигч нь хохирол тус бүрийн төрөл, хэмжээ, янз бүрийн хамгаалалтын арга хэмжээний техник, эдийн засгийн байдал болон эрсдлийн үнэлгээний үр дүн зэргийг харгалзан үзэж хамгаалалтын хамгийн тохиромжтой арга хэмжээг сонгоно.  Эрсдлийн үнэлгээ, хамгийн тохиромжтой хамгаалах арга хэмжээг сонгох шалгуурыг IEC 62305-2-т өгсөн болно.  Хамгаалалтын арга хэмжээ нь холбогдох стандартын шаардлагыг хангаж, суурилуулах газартаа тооцоолсон хүчдлийг тэсвэрлэх чадвартай бол үр дүнтэй байдаг.  **8 Байгууламжийн хамгаалалтын үндсэн шалгуур**  **8.1 Ерөнхий зүйл**  Хамгаалах байгууламжийг зохих зузаантай газардуулгатай, бүрэн дамжуулахаар үргэлжилсэн экран дотор бэхлэх, экран рүү орох цэгт уг байгууламжтай холбосон шугамыг сайтар холбох нь барилга байгууламжийн хамгийн тохиромжтой хамгаалалт болно.  Энэ нь хамгаалагдсан байгууламж рүү аянгын гүйдэл ба түүнтэй холбоотой цахилгаан соронзон орон нэвчихээс хамгаалж, гүйдлийн дулааны болон электродинамик нөлөөлөл, мөн дотоод системд аюултай оч, хүчдэл үүсэхээс урьдчилан сэргийлнэ.  Бодит байдалд ийм бүрэн хамгаалалтыг бий болгох боломжгүй буюу эдийн засгийн хувьд ашиггүй байдаг.  Экраны үргэлжилсэн бус байдал эсвэл түүний хангалтгүй зузаан нь аянгын гүйдэл нь экран рүү нэвтрэх бололцоо олгодог.  -бие махбодийн гэмтэл, амь насны аюул;  -Дотоод системийн гэмтэл  Ийм эвдрэл болон холбогдох хохирлыг бууруулах зорилгоор авсан хамгаалалтын арга хэмжээ нь хамгаалалт шаардагдах аянгын гүйдлийн параметрийн багцад зориулагдсан болно (аянгын хамгаалалтын түвшин).  **8.2 Аянгын хамгаалалтын түвшин (АХТ)**  IEC 62305 стандартын зорилгоор аянгын хамгаалалтын дөрвөн (I - IV) түвшинг танилцуулсан байна. АХТ бүрийн хувьд хамгийн их ба хамгийн бага аянгын гүйдлийн параметрийг тогтоосон болно.  ТАЙЛБАР 1 Аянгын гүйдлийн хамгийн их болон хамгийн бага параметр нь АХТ I-тэй харьцуулахад хэмжээнээс давсан тохиолдолд аянгын эсрэг хамгаалалт нь илүү үр дүнтэй арга хэмжээ авах шаардлагатай бөгөөд үүнийг тус тусад нь сонгож байгуулах ёстой.  ТАЙЛБАР 2 АХТ I-ийн тодорхойлсон утгаас хэтрэх хамгийн бага буюу хамгийн их гүйдлийн параметртэй аянга үүсэх магадлал 2% -иас бага байна.  АХТ I-д хамаарах аянгын гүйдлийн параметрийн хамгийн их утгыг 99% -ийн магадлалтайгаар хэтрүүлэх ёсгүй. Таамагласан туйлшралын харьцааны дагуу (А.2-р бүлгийг үз) эерэг цахилалтын утгын магадлал 10% -аас бага байх ба сөрөг цахилалтынх 1% -аас бага байх болно (А.3-р бүлгийг үзнэ үү).  АХТ I-д хамаарах аянгын гүйдлийн параметрийн хамгийн их утгыг АХТ II-ийн хувьд 75%, АХТ III ба IV-ийн хувьд 50% хүртэл бууруулна (*I, Q, di / dt-ийн хувьд шугаман, харин W / R-ийн хувьд квадрат*). Хугацааны параметр нь өөрчлөгдөхгүй.  ТАЙЛБАР 3 Аянгын хамгаалалтын дээд түвшин АХТ IV-тэй харьцуулахад бага байх аянгын хамгаалалтын түвшин нь IEC 62305-2: 2010-ийн хавсралт В-т заасан хэмжээнээс өндөр байх боломжтой эвдрэлийн утгыг зөвшөөрдөг боловч үндэслэлгүй зардлаас зайлсхийхийн тулд хамгаалалтын арга хэрэгслийг тохируулна.  Аянгаас хамгаалах өөр өөр түвшний аянгын гүйдлийн параметрийн хамгийн их утгыг Хүснэгт 3-д өгсөн бөгөөд аянгын хамгаалалтын бүрэлдэхүүн хэсэгийг (жишээлбэл дамжуулагчийн хөндлөн огтлол, металл экраны зузаан, ХХХТ-ийн одоогийн чадвар, аюултай очоос тусгаарлах зай) тодорхойлоход ашигладаг. Ийм бүрэлдэхүүн хэсэгт аянгын нөлөөллийг дуурайсан туршилтын параметрийг тодорхойлно (Хавсралт D-ийг үзнэ үү).  Шууд цохилтод өртөх боломжгүй АХБ 0B (8.3, 3, 4-р зургийг үз) аянгын хамгаалалтын бүс тодорхойлохын тулд фиктив бөмбөлгийн радиусыг олж авахад янз бүрийн АХТ-ийн аянгын гүйдлийн далайцын хамгийн бага утгаар ашигладаг (А4-р зүйлийг үз).  Аянгын гүйдлийн параметрийн хамгийн бага утга болон түүнд холбогдох фиктив бөмбөлгийн радиусыг Хүснэгт 4-т үзүүлэв.  Эдгээрийг аянга хүлээн авах систем байрлуулах, аянгын хамгаалалтын бүс LPZ 0B-ийг тодорхойлоход ашигладаг (8.3-ийг үз). | **7 Protection measures**  **7.1 General**  Protection measures may be adopted in order to reduce the risk according to the type of damage.  **7.2 Protection measures to reduce injury of living beings by electric shock**  Possible protection measures include:  - adequate insulation of exposed conductive parts;  - equipotentialization by means of a meshed earthing system;  - physical restrictions and warning notices;  - lightning equipotential bonding (EB).  NOTE 1 Equipotentialization and an increase of the contact resistance of the ground surface inside and outside the structure may reduce the life hazard (see Clause 8 of IEC 62305-3:2010).  NOTE 2 Protection measures are effective only in structures protected by an LPS.  NOTE 3 The use of storm detectors and the associated provision taken may reduce the life hazard.  **7.3 Protection measures to reduce physical damage**  Protection is achieved by the lightning protection system (LPS) which includes the following features:  - air-termination system;  - down-conductor system;  - earth-termination system;  - lightning equipotential bonding (EB);  electrical insulation (and hence separation distance) against the external LPS.  NOTE 1 When an LPS is installed, equipotentialization is a very important measure to reduce fire and explosion danger and life hazard. For more details see IEC 62305-3.  NOTE 2 Provisions limiting the development and propagation of the fire such as fireproof compartments, extinguishers, hydrants, fire alarms and fire extinguishing installations may reduce physical damage.  NOTE 3 Protected escape routes provide protection for personnel.  **7.4 Protection measures to reduce failure of electrical and electronic systems**  Possible protection measures (SPM) include   * earthing and bonding measures,   magnetic shielding,   * line routing, * isolating interfaces, * coordinated SPD system.   These measures may be used alone or in combination.  NOTE 1 When source of damage S1 is considered, protection measures are effective only in structures protected by an LPS.  NOTE 2 The use of storm detectors and the associated provision taken may reduce failures of electrical and electronic systems.  **7.5 Protection measures selection**  The protection measures listed in 7.2, 7.3 and 7.4 together form the overall lightning protection.  Selection of the most suitable protection measures shall be made by the designer of the protection measures and the owner of the structure to be protected according to the type and the amount of each kind of damage, the technical and economic aspects of the different protection measures and the results of risk assessment.  The criteria for risk assessment and for selection of the most suitable protection measures are given in IEC 62305-2.  Protection measures are effective provided that they comply with the requirements of relevant standards and are able to withstand the stress expected in the place of their installation.  **8 Basic criteria for protection of structures**  **8.1 General**  An ideal protection for structures would be to enclose the structure to be protected within an earthed and perfectly conducting continuous shield of adequate thickness, and to provide adequate bonding, at the entrance point into the shield, of the lines connected to the structure.  This would prevent the penetration of lightning current and related electromagnetic field into the structure to be protected and prevent dangerous thermal and electrodynamic effects of current, as well as dangerous sparkings and overvoltages for internal systems.  In practice, it is often neither possible nor cost effective to go to such measures to provide such full protection.  Lack of continuity of the shield and/or its inadequate thickness allows the lightning current to penetrate the shield causing:  - physical damage and life hazard;  - failure of internal systems.  Protection measures, adopted to reduce such damages and relevant consequential loss, shall be designed for the defined set of lightning current parameters against which protection is required (lightning protection level).    **8.2 Lightning protection levels (LPL)**  For the purposes of IEC 62305, four lightning protection levels (I to IV) are introduced. For each LPL, a set of maximum and minimum lightning current parameters is fixed.  NOTE 1 Protection against lightning whose maximum and minimum lightning current parameters exceed those relevant to LPL I needs more efficient measures which should be selected and erected on an individual basis.  NOTE 2 The probability of occurrence of lightning with minimum or maximum current parameters outside the range of values defined for LPL I is less than 2 %.  The maximum values of lightning current parameters relevant to LPL I shall not be exceeded, with a probability of 99 %. According to the polarity ratio assumed (see Clause A.2), values taken from positive flashes will have probabilities below 10 %, while those from negative flashes will remain below 1 % (see Clause A.3).  The maximum values of lightning current parameters relevant to LPL I are reduced to 75 % for LPL II and to 50 % for LPL III and IV (*linear for I, Q and di/dt, but quadratic for W/R*). The time parameters are unchanged.  NOTE 3 Lightning protection levels whose maximum lightning current parameters are lower than those relevant to LPL IV allow one to consider values of probability of damage higher than those presented in Annex B of IEC 62305-2:2010, but not quantified and are useful for better tailoring of protection measures in order to avoid unjustified costs.  The maximum values of lightning current parameters for the different lightning protection levels are given in Table 3 and are used to design lightning protection components (e.g., cross-section of conductors, thickness of metal sheets, current capability of SPDs, separation distance against dangerous sparking) and to define test parameters simulating the effects of lightning on such components (see Annex D).  The minimum values of lightning current amplitude for the different LPL are used to derive the rolling sphere radius (see Clause A.4) in order to define the lightning protection zone  LPZ 0Bwhich cannot be reached by direct strike (see 8.3 and Figures 3 and 4). The minimum values of lightning current parameters together with the related rolling sphere radius are given in Table 4. They are used for positioning of the air-termination system and to define the lightning protection zone LPZ 0B (see 8.3). |

###### **Хүснэгт 3 - АХТ-ийн дагуу аянгын параметрийн хамгийн их утга**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Эхний эерэг импульс** | | | **АХТ** | | | | |
| **Гүйдлийн утга** | **Тэмдэглэгээ** | **Нэгж** | **I** | **II** | **III** | **IV** | |
| Гүйдлийн хамгийн их утга | I | кА | 200 | 150 | 100 |  | |
| Импульсийн цэнэг | QSHORT | C | 100 | 75 | 50 |  | |
| Хувийн энерги | W / R | MJ/ Ом | 10 | 5,6 | 2.5 |  | |
| Хугацааны параметр | Т1/ Т2 | µs / µs | 10/350 | | | | |
| **Эхний сөрөг импульс а** | | | **АХТ** | | | | |
| **Гүйдлийн утга** | **Тэмдэгт** | **Нэгж** | **I** | **II** | **III** | | **IV** |
| Гүйдлийн хамгийн их утга | I | кА | 100 | 75 | 50 | |  |
| Дундаж эгц | di /dt | kA/µs | 100 | 75 | 50 | |  |
| Хугацааны параметр | Т1/ Т2 | µs / µs | 1/200 | | | | |
| **Дараагийн импульс** | | | **АХТ** | | | | |
| **Гүйдлийн утга** | **Тэмдэгт** | **Нэгж** | **I** | **II** | **III** | | **IV** |
| Гүйдлийн хамгийн их утга | I | кА | 50 | 37,5 | 25 | | |
| Дундаж эгц | di /dt | kA/µs | 200 | 150 | 100 | | |
| Хугацааны параметр | Т1/ Т2 | µs / µs | 0,25 /100 | | | | |
| **Цахилалт** | | | **АХТ** | | | | |
| **Гүйдлийн утга** | **Тэмдэгт** | **Нэгж** | **I** | **II** | **III** | | **IV** |
| Цахилалтын цэнэг | QFLASH | C | 300 | 225 | 150 | | |
| аЭнэхүү одоогийн хэлбэрийг ашиглах нь зөвхөн тооцоонд хамаарах бөгөөд туршилт хийхгүй. | | | | | | | |

###### **Table 3 – Maximum values of lightning parameters according to LPL**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **First positive impulse** | | | **LPL** | | | |
| **Current parameters** | **Symbol** | **Unit** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Peak current | I | kA | 200 | 150 | 100 | |
| Impulse charge | QSHORT | C | 100 | 75 | 50 | |
| Specific energy | W / R | MJ/Ω | 10 | 5,6 | 2,5 | |
| Time parameters | Т1/ Т2 | µs / µs | 10 / 350 | | | |
| **First negative impulse** | | | **LPL** | | | |
| **Current parameters** | **Symbol** | **Unit** | **I** | **II** | **III** | |
| Peak current | *I* | kA | 100 | 75 | 50 | |
| Average steepness | d*i/*d*t* | kA/µs | 100 | 75 | 50 | |
| Time parameters | *T*1 */ T*2 | µs / µs | 1 / 200 | | | |
| **Subsequent impulse** | | | **LPL** | | | |
| **Current parameters** | **Symbol** | **Unit** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Peak current | I | kA | 50 | 37,5 | 25 | |
| Average steepness | d*i/*d*t* | kA/µs | 200 | 150 | 100 | |
| Time parameters | *T*1 */ T*2 | µs / µs | 0,25 / 100 | | | |
| **Long stroke** | | | **LPL** | | | |
| **Current parameters** | **Symbol** | **Unit** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Long stroke charge | QLONG | C | 200 | 150 | 100 | |
| Time parameter | TLONG | s | 0,5 | | | |
| Flash | | | **LPL** | | | |
| **Current parameters** | **Symbol** | **Unit** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Flash charge | QFLASH | C | 300 | 225 | 150 | |
| a The use of this current shape concerns only calculations and not testing. | | | | | | |

**Хүснэгт 4 - Аянгын параметрийн хамгийн бага утга ба АХТ-тэй тохирох фиктив бөмбөлгийн радиус**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хөндлөнгийн шалгуур** | | | **АХТ** | | | |
|  | **Тэмдэгт** | **Нэгж** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Хамгийн бага гүйдлийн утга | *I* | кА | 3 | 5 | 10 | 16 |
| Фиктив бөмбөлгийн радиус | *р* | м | 20 | 30 | 45 | 60 |

**Table 4 – Minimum values of lightning parameters and related rolling sphere radius corresponding to LPL**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Interception criteria** | | | **LPL** | | | |
|  | Symbol | Unit | I | II | III | IV |
| Minimum peak current | *I* | kA | 3 | 5 | 10 | 16 |
| Rolling sphere radius | *r* | m | 20 | 30 | 45 | 60 |

|  |  |
| --- | --- |
| Зураг А.5-д өгөгдсөн статистик тархалтын үр дүнгээс харахад аянгын гүйдлийн параметр хамгийн их утгаас бага байх ба хамгаалалтын түвшин тус бүрт тодорхойлсон хамгийн бага утгаас их байх болно (Хүснэгт 5-ыг үзнэ үү). | From the statistical distributions given in Figure A.5, a weighted probability can be determined that the lightning current parameters are smaller than the maximum values and respectively greater than the minimum values defined for each protection level (see Table 5). |

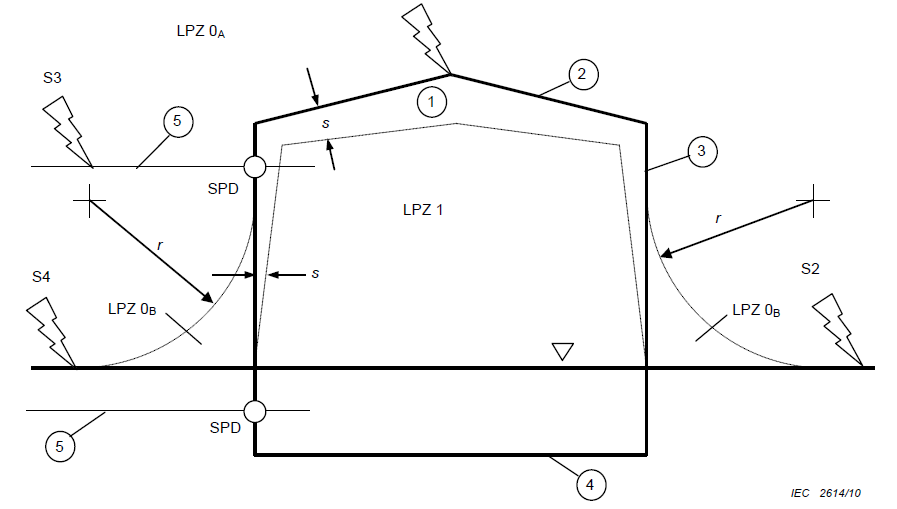
**Хүснэгт 5 - Аянга гүйдлийн параметрийн хязгаарын магадлал**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Аянгын гүйдлийн параметрийн магадлал** | **АХТ** | | | |
| I | II | III | IV |
| - хүснэгт 3-т заасан хамгийн их утгаас бага байна | 0,99 | 0,98 | 0,95 | 0,95 |
| - хүснэгт 4-т заасан хамгийн бага утгаас их байна | 0,99 | 0,97 | 0,91 | 0,84 |

**Table 5 – Probabilities for the limits of the lightning current parameters**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Probability that lightning current parameters** | **LPL** | | | |
| I | II | III | IV |
| – are smaller than the maximum values defined in Table 3 | 0,99 | 0,98 | 0,95 | 0,95 |
| – are greater than the minimum values defined in Table 4 | 0,99 | 0,97 | 0,91 | 0,84 |

|  |  |
| --- | --- |
| IEC 62305-3 ба IEC 62305-4-т заасан хамгаалалтын арга хэмжээ нь гүйдлийн параметр нь дизайны хувьд АХТ-ийн тодорхойлсон хязгаарт байгаа аянгын эсрэг үр дүнтэй байдаг. Тийм учраас хамгаалах арга хэмжээний үр ашиг аль нь аянгын гүйдлийн параметр зэрэг төрөл бүрийн дотор байдаг магадлал тэнцүү гэж үзнэ. Энэ хүрээний, хохирлыг нь үлдэх эрсдэл давсан үзүүлэлтийн хувьд хэвээр байна.  **8.3             Аянгын хамгаалалтын бүс (АХБ)**  АХС, хамгаалалтын утас, соронзон экран, хэт хүчдэлээс хамгаалах төхөөрөмж (ХХХТ) гэх мэт хамгаалах арга хэмжээ нь аянгын хамгаалалтын бүс (АХБ) -ийг тодорхойлдог.  Хамгаалалтын хэмжүүрээс доошх АХБ нь АХБ-ээс дээш урсгалтай харьцуулахад LEMP-ийн хэмжээ эрс буурсан шинж чанартай байдаг.  Аянга аюулын тухайд дараах АХБ-үүд тодорхойлогдоно (Зураг 3, 4-ийг үз):  АХБ 0A - Аянга шууд цахих, цахилгаан соронзон орон бүрэн цахих зэргээс болж аюул заналхийлж буй бүс. Дотоод систем нь бүрэн буюу хэсэгчилсэн аянгын гүйдэлд өртөж болзошгүй;  АХБ 0B - Аянгын шууд гүйдлээс хамгаалагдсан боловч аянгын цахилгаан соронзон орны аюул бүрэн байдаг бүс. Дотоод систем нь хэсэгчилсэн аянгын гүйдэлд өртөж болзошгүй;  АХБ 1 – Огцом импульсын гүйдэл нь гүйдлийн хуваарилалт болон тусгаарлах интерфейс ба/эсвэл хил дээрх ХХХТ -өөр хязгаарлагддаг бүс. Орон зайн хамгаалалт нь аянгын цахилгаан соронзон орныг сулруулж болно;  АХБ 2, ..., n – Импульсын гүйдлийг гүйдлийн хуваарилалт болон тусгаарлах интерфейс ба/эсвэл хил дээрх нэмэлт ХХХТ -өөр хязгаарлаж болох бүс. Аянгын цахилгаан соронзон орныг улам сулруулахын тулд орон зайн нэмэлт хамгаалалтыг ашиглаж болно.  ТАЙЛБАР 1 Ерөнхийдөө бие даасан бүсийн тоо олон байх тусам цахилгаан соронзон орчны параметр бага байх болно.  Хамгаалах ерөнхий дүрмийн дагуу хамгаалагдах ёстой байгууламж нь цахилгаан соронзон шинж чанар нь эвдрэл (хэт хүчдэлийн улмаас бие махбодийн гэмтэх, цахилгаан болон электрон систем эвдэрч гэмтэх) -ийг бууруулж буй хүчдлийг тэсвэрлэх чадвартай АХБ – д байх ёстой.  ТАЙЛБАР 2 Ихэнх цахилгаан болон электрон систем, төхөөрөмжийн хувьд тэсвэрлэх түвшний талаарх мэдээллийг үйлдвэрлэгчээс өгсөн байдаг. | The protection measures specified in IEC 62305-3 and IEC 62305-4 are effective against lightning whose current parameters are in the range defined by the LPL assumed for design. Therefore, the efficiency of a protection measure is assumed equal to the probability with which lightning current parameters are inside such range. For parameters exceeding this range, a residual risk of damage remains.  **8.3 Lightning protection zones (LPZ)**  Protection measures such as LPS, shielding wires, magnetic shields and SPD determine lightning protection zones (LPZ).  LPZ downstream of the protection measure are characterized by significant reduction of LEMP than that upstream of the LPZ.  With respect to the threat of lightning, the following LPZs are defined (see Figures 3 and 4):  LPZ 0A zone where the threat is due to the direct lightning flash and the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to full or partial lightning surge current;  LPZ 0B zone protected against direct lightning flashes but where the threat is the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to partial lightning surge currents;  LPZ 1 zone where the surge current is limited by current sharing and by isolating interfaces and/or SPDs at the boundary. Spatial shielding may attenuate the lightning electromagnetic field;  LPZ 2, ..., n zone where the surge current may be further limited by current sharing and by isolating interfaces and/or additional SPDs at the boundary. Additional spatial shielding may be used to further attenuate the lightning electromagnetic field.  NOTE 1 In general, the higher the number of an individual zone, the lower the electromagnetic environment parameters.  As a general rule for protection, the structure to be protected shall be in an LPZ whose electromagnetic characteristics are compatible with the capability of the structure to withstand stress causing the damage to be reduced (physical damage, failure of electrical and electronic systems due to overvoltages).  NOTE 2 For most electrical and electronic systems and apparatus, information about withstand level can be supplied by manufacturer. |



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тайлбар | | | |
| 1 | байгууламж | S1 | аянга байгууламж руу цахих |
| 2 | аянга хүлээн авах систем | S2 | аянга байгууламжийн ойролцоо цахих |
| 3 | доош дамжуулах систем | S3 | аянга байгууламжтай холбогдсон шугам руу цахих |
| 4 | газардуулах систем | S4 | аянга байгууламжтай холбогдсон шугамын ойролцоо цахих |
| 5 | ирж буй шугам | r | Фиктив бөмбөлгийн радиус |
|  |  | s | цахилалтын аюулаас хамгаалах зай |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Key |  | | |
| 1 | structure | S1 | flash to the structure |
| 2 | air-termination system | S2 | flash near to the structure |
| 3 | down-conductor system | S3 | flash to a line connected to the structure |
| 4 | earth-termination system | S4 | flash near a line connected to the structure |
| 5 | incoming lines | r | rolling sphere radius |
|  |  | s | separation distance against dangerous sparking |

- газрын түвшин

 - ХХХТ -ийн тусламжтай аянгын эквипотенциал холбоо

АХБ 0A - аянгын шууд цахилалт, аянгын бүрэн гүйдэл

АХБ 0B - аянгын шууд бус цахилалт, аянга эсвэл индукцийн

хэсэгчилсэн гүйдэл

АХБ 1 - аянгын шууд бус цахилалт, аянга эсвэл индукцийн

хэсэгчилсэн гүйдэл эсвэл АХБ 1 доторх индукцийн гүйдлийн хамгаалагдсан хэмжээ нь тусгаарлах зай s-ээс хамаарах ёстой.

- ground level

 - lightning equipotential bonding by means of SPD

LPZ 0A - direct flash, full lightning current

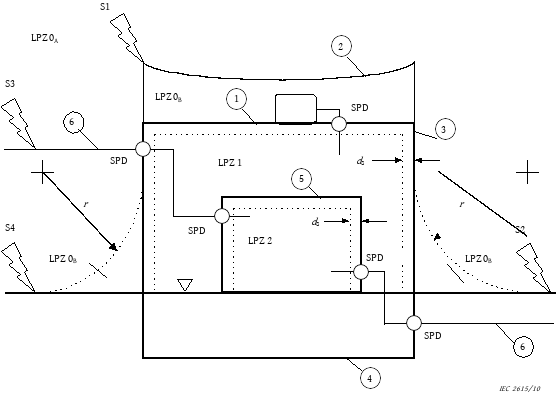
LPZ 0B - no direct flash, partial lightning or induced current

АХБ 1 - no direct flash, limited lightning or induced current

protected volume inside LPZ 1 must respect separation distance *s*

###### **Зураг 3 - LPS (IEC 62305-3) -ээр тодорхойлогдсон АХБ**

**Figure 3 – LPZ defined by an LPS (IEC 62305-3)**



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тайлбар |  | | |
| 1 | байгууламж (АХБ 1-ийн экран) | S1 | аянга байгууламж руу цахих |
| 2 | аянга хүлээн авах систем | S2 | аянга байгууламжийн ойролцоо цахих |
| 3 | доош дамжуулагч систем | S3 | аянга байгууламжтай холбогдсон шугам руу цахих |
| 4 | газардуулах систем | S4 | аянга байгууламжтай холбогдсон шугамын ойролцоо цахих |
| 5 | өрөө (АХБ 2-ийн экран) | r | Фиктив бөмбөлгийн радиус |
| 6 | байгууламжтай холбогдсон шугам | ds | хэт өндөр соронзон орны эсрэг аюулгүйн зай |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| key |  | | |
| 1 | structure (shield of LPZ 1) | S1 | flash to the structure |
| 2 | air-termination system | S2 | flash near to the structure |
| 3 | down-conductor system | S3 | flash to a line connected to the structure |
| 4 | earth-termination system | S4 | flash near a line connected to the structure |
| 5 | room (shield of LPZ 2) | r | rolling sphere radius |
| 6 | lines connected to the structure | ds | safety distance against too high magnetic field |

- газрын түвшин

 - ХХХТ -ийн тусламжтай аянгын эквипотенциал холбоо

АХБ 0A - аянгын шууд цахилалт, аянгын бүрэн гүйдэл

АХБ 0B -аянгын шууд бус цахилалт, аянга эсвэл индукцийн хэсэгчилсэн гүйдэл, бүрэн соронзон орон

АХБ 1 - аянгын шууд бус цахилалт, аянга эсвэл индукцийн хязгаарлагдсан гүйдэл, унтарч байгаа соронзон орон

АХБ 2 - аянгын шууд бус цахилалт, индукцийн гүйдэл, унтарч байгаа соронзон орон, АХБ 1 болон АХБ 2 доторх индукцийн гүйдлийн хамгаалагдсан хэмжээ нь тусгаарлах зай ds -ээс хамаарах ёстой

ground level

 lightning equipotential bonding by means of SPD

LPZ 0A direct flash, full lightning current, full magnetic field

LPZ 0B no direct flash, partial lightning or induced current, full magnetic field

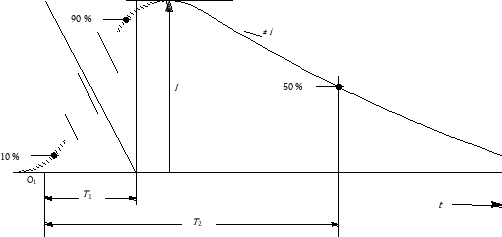
LPZ 1 no direct flash, limited lightning or induced current, damped magnetic field LPZ 2 no direct flash, induced currents, further damped magnetic field

protected volumes inside LPZ 1 and LPZ 2 must respect safety distances *d***s**

###### **Зураг 4 - SPM (IEC 62305-4) -ээр тодорхойлогдсон АХБ**

**Figure 4 – LPZ defined by an SPM (IEC 62305-4)**

|  |  |
| --- | --- |
| **8.4 Байгууламжийн хамгаалалт**  **8.4.1 Бие махбодь гэмтэх болон амь нас эрсдэх аюулыг бууруулах хамгаалалт**  Хамгаалагдах байгууламж нь АХБ 0B ба түүнээс дээшх дотор байх ёстой. Үүнийг аянгын хамгаалалтын систем (АХС) -ээр бий болгоно.  АХС нь гадна болон дотоод аянгын хамгаалалтын системээс бүрддэг.  Гадна АХС-ийн үүрэг зориулалт:  - Аянгын цахилалтыг байгууламж руу (аянга хүлээн авах системтэй) оруулалгүй саатуулах,  - Аянгын цахилгаан гүйдлийг газар луу аюулгүй дамжуулах (доош дамжуулагч системтэй),  - Аянгыг газар руу шингээх (газардуулагч системтэй).  Дотоод АХС-ийн үүрэг нь АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэг болон байгууламжийн доторх бусад цахилгаан дамжуулагч элементийн хоорондох зай, s, (мөн цахилгаан тусгаарлалт) ашиглан байгууламжид аюултай цахилалтаас урьдчилан сэргийлэх явдал юм.  АХС-ийн дөрвөн ангилал (I, II, III, IV)-ыг харгалзах АХТ дээр үндэслэн барилгын дүрмийн багц болгон тодорхойлдог. Багц бүр нь түвшнээс хамааралтай (фиктив бөмбөлгийн радиус, торны өргөн гэх мэт) ба түвшнээс хамааралгүй (жишээ нь хөндлөн огтлол, материал гэх мэт) барилгын дүрмийг агуулдаг.  Байгууламжийн гаднах хөрс ба доторх шалан дээрх гадаргуугийн эсэргүүцэл бага байлгасан тохиолдолд хүрэлцэх болон алхмын хүчдэлээс болж амь насанд аюул учрах эрсдэл буурна:  - байгууламжийн гадна талд ил гарсан дамжуулагч хэсэгийг тусгаарлах, хөрсийг торон газардуулгын системээр эквипотенциалжуулах, сэрэмжлүүлэх болон нэвтрэн орохыг хязгаарласнаар;  - байгууламжийн дотор талд байгууламж руу нэвтрэх хэсэгт байрлах шугамыг эквипотенциал холболтоор холбоно. АХС нь IEC 62305-3 стандартын шаардлагад нийцсэн байх ёстой.  **8.4.2 Дотоод системийн гэмтэл бууруулах хамгаалалт**  Дотоод системийн гэмтлийн эрсдэл бууруулахын тулд LEMP-ийн хамгаалалт нь дараахыг хязгаарлана:  - Эсэргүүцэл ба индуктив холболтоос үүдсэн байгууламж руу цахих аянгын импульс;  - индуктив холболтоос үүдсэн байгууламжийн ойролцоо цахих аянгын импульс;  -шугам руу буюу ойролцоо цахьсаны улмаас байгууламжтай холбогдсон шугамаар дамжих импульс,  - аппаратуртай шууд холбогдсон соронзон орон.  ТАЙЛБАР: Уг аппарат нь EMC бүтээгдэхүүний холбогдох стандартаар тодорхойлогдсон радио давтамжийн (RF) цацраг туяа болон дархлааны сорилттой нийцэж байгаа тохиолдолд төхөөрөмжид шууд цацруулсан цахилгаан соронзон орны улмаас төхөөрөмжийн эвдрэл нь маш бага байна (IEC 62305-2 ба IEC 62305-4).  Хамгаалах систем нь АХБ 1 буюу түүнээс дээш түвшинтэй байх ёстой. Энэ нь индукцийн соронзон орныг сулруулдаг соронзон экранаас бүрдэх цахилгаан ба электрон системийг хамгаалах арга хэмжээ (SPM) ба/эсвэл индукцийн гогцоог багасгахын тулд утаснуудын тохиромжтой чиглүүлэлтийн тусламжтайгаар хүрдэг. АХБ -ийн хил хязгаарыг давж буй металл эд анги, системд холбох хэрэгслийг хангана. Энэ холболтыг холбогч дамжуулагч эсвэл шаардлагатай бол хүчдэлээс хамгаалах төхөөрөмж (SPD) ашиглан хийж болно.   Аливаа АХБ-ийг хамгаалах арга хэмжээ нь IEC 62305-4-тэй нийцэх ёстой.  Дотоод системийн гэмтэл үүсгэж байгаа хэт хүчдэлээс үр дүнтэй хамгаалалтыг тусгаарлах интерфейс ба / эсвэл зохицуулалттай ХХХС-ээр хангаж, системийн хамгаалагдсан нэрлэсэн импульсийн хүчдэлээс бага хүчдэлийг хязгаарлана.  Тусгаарлах интерфейс болон ХХХС-ыг нь IEC 62305-4 стандартын шаардлагын дагуу сонгож суурилуулах ёстой. Хавсралт А(нэмэлт мэдээлэл) **Аянгын гүйдлийн параметр**  **А.1 Аянга цахилалт газарт буух**  Цахилалтын хоёр үндсэн төрөл байна:  -         үүлнээс газарт чиглэсэн доошоо чиглэлтэй цахилалт  -         газардуулах байгууламжаас үүл рүү чиглэсэн дээшээ чиглэлтэй цахилалт  Ихэнхдээ доошоо чиглэсэн цахилалт нь нам дор нутаг дэвсгэрт болон нам байгууламжид ажиглагддаг бол ямар нэгэн аянга хамгаалалтгүй / эсвэл өндөр барилга байгууламжийн хувьд дээшээ чиглэсэн цахилалт давамгайлдаг. Байгууламж өндөрсөх тусам байгууламж рүү шууд цахилалт явагдах нөхцөл нь нэмэгдэж, физик шинж чанар нь өөрчлөгдөнө. (ХавсралтАIEC62305-2-2010-ийг үз.  Аянгын цахилгаан гүйдэл нь нэг буюу хэд хэдэн өөр цахилалтаас бүрдэнэ.  -        импульсын үргэлжлэх хугацаа 2 мс-ээс бага (ЗурагA.1)  -         цахилалтын үргэлжлэх хугацаа 2 мс-ээс их (Зураг А.2). | **8.4 Protection of structures**  **8.4.1 Protection to reduce physical damage and life hazard**  The structure to be protected shall be inside an LPZ 0B or higher. This is achieved by means of a lightning protection system (LPS).  An LPS consists of both external and internal lightning protection systems.  The functions of the external LPS are  - to intercept a lightning flash to the structure (with an air-termination system),  - to conduct the lightning current safely to earth (with a down-conductor system),  - to disperse it into the earth (with an earth-termination system).  The function of the internal LPS is to prevent dangerous sparking within the structure, using equipotential bonding or a separation distance, s, (and hence electrical isolation) between the LPS components and other electrically conducting elements internal to the structure.  Four classes of LPS (I, II, III and IV) are defined as a set of construction rules, based on the corresponding LPL. Each set includes level-dependent (e.g., rolling sphere radius, mesh width etc.) and level-independent (e.g., cross-sections, materials etc.) construction rules.  Where surface resistivity of the soil outside and of the floor inside the structure is kept low, life hazard due to touch and step voltages is reduced:  - outside the structure, by insulation of the exposed conductive parts, by equipotentialization of the soil by means of a meshed earthing system, by warning notices and by physical restrictions;  - inside the structure, by equipotential bonding of lines at entrance point into the structure. The LPS shall comply with the requirements of IEC 62305-3.    **8.4.2 Protection to reduce the failure of internal systems**  The protection against LEMP to reduce the risk of failure of internal systems shall limit  - surges due to lightning flashes to the structure resulting from resistive and inductive coupling,  - surges due to lightning flashes near the structure resulting from inductive coupling,  - surges transmitted by lines connected to the structure due to flashes to or near the lines,  - magnetic field directly coupling with apparatus.  NOTE Failure of apparatus due to electromagnetic fields directly radiated into the equipment is negligible provided that apparatus complies with radio-frequency (RF) radiated emission and immunity tests defined by relevant EMC product standards (see IEC 62305-2 and IEC 62305-4).  The system to be protected shall be located inside an LPZ 1 or higher. This is achieved by means of electrical and electronic system protection measures (SPM) consisting of magnetic shields attenuating the inducing magnetic field and/or suitable routing of wiring to reduce the induction loop. Bonding shall be provided at the boundaries of an LPZ for metal parts and systems crossing the boundaries. This bonding may be accomplished by means of bonding conductors or, when necessary, by surge protective devices (SPDs).  The protection measures for any LPZ shall comply with IEC 62305-4.  Effective protection against overvoltages, causing failures of internal systems, may also be achieved by means of isolating interfaces and/or a coordinated SPD system, limiting overvoltages below the rated impulse withstand voltage of the system to be protected.  Isolating interfaces and SPDs shall be selected and installed according to the requirements of IEC 62305-4.  **Annex A**  (informative)  **Parameters of lightning current**  **A.1 Lightning flashes to earth**  Two basic types of flashes exist:  - downward flashes initiated by a downward leader from cloud to earth;  - upward flashes initiated by an upward leader from an earthed structure to cloud.  Mostly downward flashes occur in flat territory, and to lower structures, whereas for exposed and/or higher structures upward flashes become dominant. With effective height, the probability of a direct strike to the structure increases (see IEC 62305-2:2010, Annex A) and the physical conditions change.  A lightning current consists of one or more different strokes:  - impulses with duration less than 2 ms (Figure A.1)  - long strokes with duration longer than 2 ms (Figure A.2). |



**Тайлбар:**

*O1 virtual origin /* виртуал эхлэл

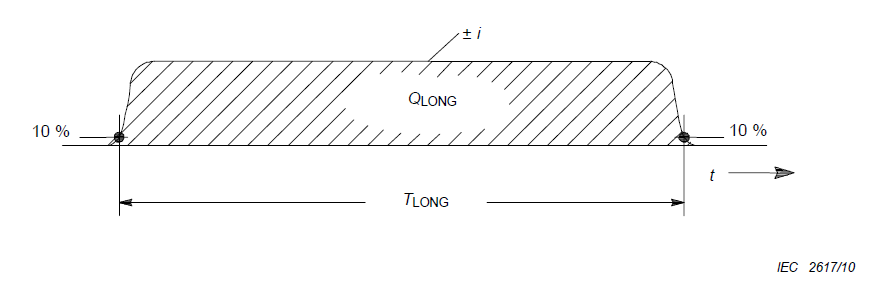
*I peak current /* гүйдлийн хамгийн их утга

*T*1  front time / эхэн үеийн хугацаа

*T2 time to half value / дунд үеийн хугацаа*

###### **Зураг A.1 - Импульсийн гүйдлийн параметрийн тодорхойлолт (ихэвчлэн*T*2<2 мс)**

###### **Figure A.1 – Definitions of impulse current parameters (typically *T*2 < 2 ms)**



**Тайлбар:**

*T*LONG үргэлжлэх хугацаа

*--Q*LONG урт цахилалтын цэнэг

**Key**

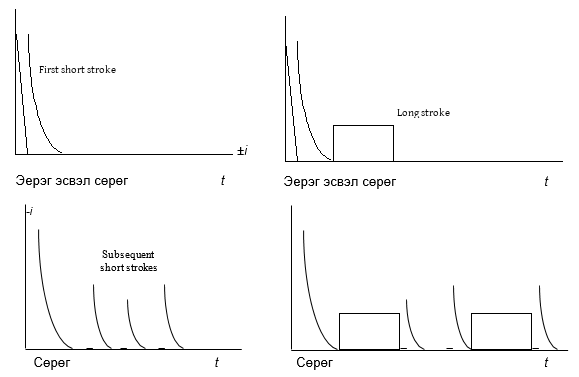
*T*LONG duration time

*--Q*LONG long stroke charge

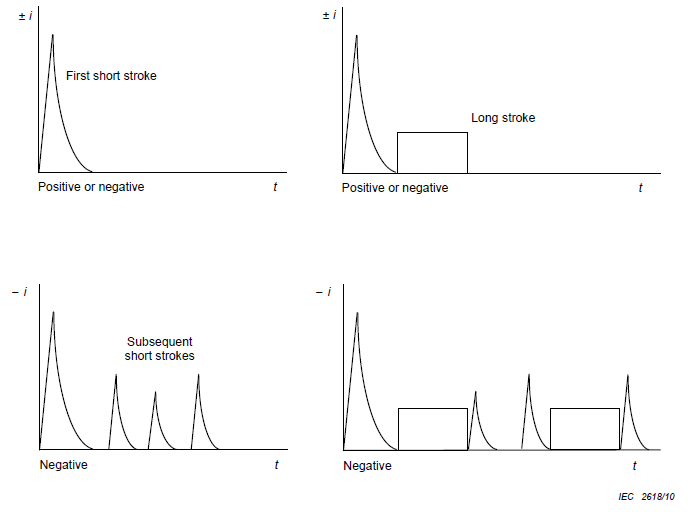
###### **Зураг A.2 - Урт хугацааны цахилалтын параметрийн тодорхойлолт (ихэвчлэн 2 мс< TLONG <1 с)**

###### **Figure A.2 – Definitions of long duration stroke parameters (typically 2 ms < TLONG < 1 s)**

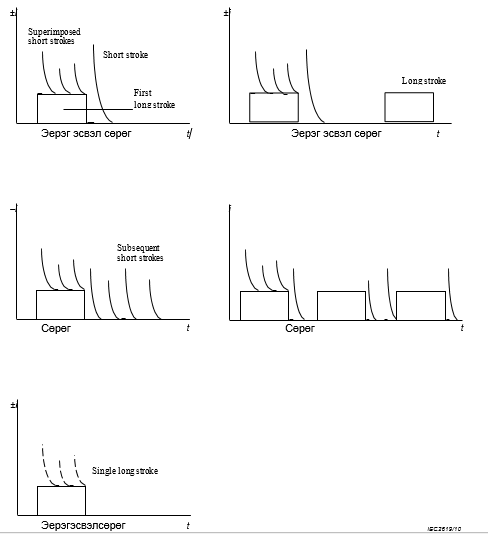
|  |  |
| --- | --- |
| Цахилалт цаашаа ямар хэлбэрт үргэлжлэх нь тэдгээрийн туйлшрал (эерэг эсвэл сөрөг) болон цахилалт эхлэх үеийн тэдгээрийн байрлалаас (эхний, дараагийн удаах, нэмэлт) хамаардаг. Зураг А.3-т доошоо чиглэлтэй, Зураг А.4-т дээшээ чиглэлтэй цахилалтын боломжит бүрэлдэхүүн хэсгийг үзүүлэв | Further differentiation of strokes comes from their polarity (positive or negative) and from their position during the flash (first, subsequent, and superimposed). The possible components are shown in Figure A.3 for downward flashes and in Figure A.4 for upward flashes. |



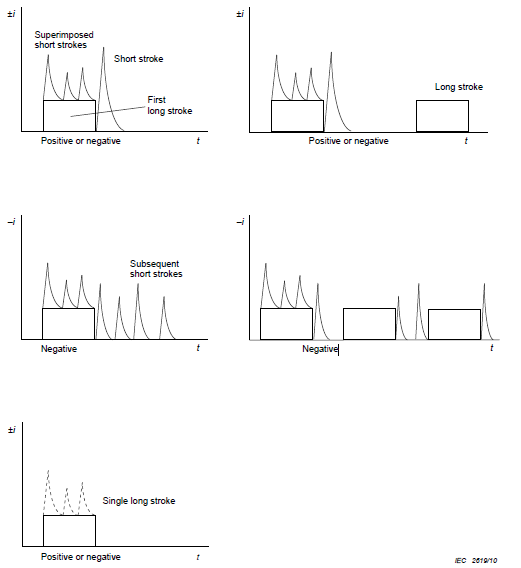
###### **Зураг A.3 - доошоо чиглэсэн цахилалтын боломжит бүрэлдэхүүн хэсэг (хавтгай нутаг дэвсгэр ба нам байгуулламжид ихэвчлэн тохиолддог)**



**Figure A.3 – Possible components of downward flashes (typical in flat territory and to lower structures)**



###### **Зураг A.4 - Дээш чиглэсэн цахилалтын бүрэлдэхүүн хэсэг (аянга хамгаалалтгүй болон өндөр байгууламжид тохиолддог)**



**Figure A.4 – Possible components of upward flashes (typical to exposed and/or higher structures)**

|  |  |
| --- | --- |
| Дээшээ чиглэлтэй эхний урт цахилалтын нэмэлт бүрэлдэхүүн хэсэг нь арван хүртэлх импульс бүхий ба түүнээс дээш тооны импульсээс бүрддэг. Гэхдээ дээшээ чиглэсэн цахилалтын гүйдлийн импульсын нийт тоо нь доошоо чиглэсэн цахилалтаас бага байдаг. Дээшээ чиглэлтэй урт хугацаанд үргэлжилсэн цахилалт хараахан бүртгэгдээгүй байна. Тиймээс дээш чиглэсэн цахилалтын аянгын гүйдлийн параметрийг доошоо чиглэсэн цахилалтын өгөгдсөн хамгийн их утгаар авсан гэж үзнэ. Аянгын гүйдлийн параметр болон тэдгээрийн үүлнээс доош ба байгууламжаас дээш чиглэсэн цахилалтын хамаарлыг илүү нарийвчлалтай судлах асуудлыг авч үзэж байна. А.2 Аянгын гүйдлийн параметр IEC 62305-ийн энэ хэсэгт байрлах аянгын гүйдлийн параметрийг Хүснэгт А.1- д өгөгдсөн Томоохон Цахилгаан Системийн Олон Улсын Зөвлөлийн (CIGRE) мэдээллийн үр дүнд үндэслэв. Тэдгээр статистик хуваарилалтыг логарифмын хэвийн тархалттай гэж үзэж болно. Хүснэгт A.2-т өгөгдсөн тархалтын харгалзах дундаж утга ба тархалтын функцийг Зураг А.5-д үзүүлэв.  Үүний үндсэн дээр параметр бүрийн аливаа утгын тархацын магадлалыг тодорхойлж болно.  10% нь эерэг, 90% нь сөрөг туйлшралтай цахилалтыг авч үзэв. Туйлшралын харьцаа нь нутаг дэвсгэрийн нөхцлөөс хамаарна. Тухайн орон нутгийн талаар ямар ч мэдээлэл байхгүй бол энд өгөгдсөн харьцааг ашиглах хэрэгтэй.  Аянгын цахилгаан гүйдлийн оргил утга урьдчилан тооцсон хэмжээнээс давах магадлалын утгыг Хүснэгт A.3-д үзүүлэв. | The additional component in upward flashes is the first long stroke with or without up to some ten superimposed impulses. But all impulse current parameters of upward flashes are less than those of downward flashes. A higher long stroke charge of upward flashes is not yet confirmed. Therefore, the lightning current parameters of upward flashes are considered to be covered by the maximum values given for downward flashes. A more precise evaluation of lightning current parameters and their height dependency with regard to downward and upward flashes is under consideration. A.2 Lightning current parameters The lightning current parameters in this part of IEC 62305 are based on the results of the International Council on Large Electrical Systems (CIGRE) data given in Table A.1. Their statistical distribution can be assumed to have a logarithmic normal distribution. The corresponding mean value μ and the dispersion σlogare given in Table A.2 and the distribution function is shown in Figure A.5.  On this basis, the probability of occurrence of any value of each parameter can be determined.  A polarity ratio of 10 % positive and 90 % negative flashes is assumed. The polarity ratio is a function of the territory. If no local information is available, the ratio given herein should be used.  The value of the probability of occurrence of lightning current peak values exceeding the previously considered is reported in Table A.3. |

###### **Хүснэгт A.1 - CIGRE (Electra № 41 эсвэл No 69)[3], [4] -аас авсан аянгын гүйдлийн параметрийн тооцоолсон утга**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **АХТ I-ийн тогтмол утга** | **Утга** | | | **Цахилалтын төрөл** | **Зураг A.5 дахь шугам** |
| **95%** | **50%** | **5%** |
| I(кA) |  | 4а | 20а | 90 | Эхний сөрөг богино b | 1А + 1В |
| 50 | 4,9 | 11,8 | 28,6 | Дараагийн сөрөг богиноb | 2 |
| 200 | 4,6 | 35 | 250 | Эхний эерэг богино (ганц) | 3 |
| QЦахилалт (C) |  | 1,3 | 7,5 | 40 | Сөрөг цахилалт | 4 |
| 300 | 20 | 80 | 350 | Эерэг цахилалт | 5 |
| QБогино цахилалт(C) |  | 1,1 | 4,5 | 20 | Эхний сөрөг богино | 6 |
| 0,22 | 0,95 | 4 | Дараагийн сөрөг богино | 7 |
| 100 | 2 | 16 | 150 | Эхний эерэг богино (ганц) | 8 |
| W/R (kJ/Ω) |  | 6 | 55 | 550 | Эхний сөрөг богино | 9 |
| 0,55 | 6 | 52 | Дараагийн сөрөг богино | 10 |
| 10 000 | 25 | 650 | 15 000 | Эхний эерэг богино | 11 |
| di/dtmax  (кА /μ) |  | 9,1 | 24,3 | 65 | Эхний сөрөг богиноb | 12 |
| 9,9 | 39,9 | 161,5 | Дараагийн сөрөг богиноb | 13 |
| 20 | 0,2 | 2,4 | 32 | Эхний эерэг богино | 14 |
| di/ dt30% / 90%  (кА /μ) | 200 | 4,1 | 20,1 | 98,5 | Дараагийн сөрөг богиноb | 15 |
| Qурт цахилалтын цэнэг(C) | 200 |  |  |  | Урт |  |
| Tурт цахилалтын хугацаа(с) | 0,5 |  |  |  | Урт |  |
| Эхний үеийн хугацаа (μс |  | 1,8 | 5,5 | 18 | Эхний сөрөг богино |  |
| 0,22 | 1,1 | 4,5 | Дараагийн сөрөг богино |
| 3,5 | 22 | 200 | Эхний эерэг богино (ганц) |
| Цахилалтын хугацаа (сμ |  | 30 | 75 | 200 | Эхний сөрөг богино |  |
| 6,5 | 32 | 140 | Дараагийн сөрөг богино |
| 25 | 230 | 2 000 | Эхний эерэг богино (ганц) |
| Хугацааны интервал (минут) |  | 7 | 33 | 150 | Олон сөрөг цахилалт |  |
| Нийт цахилалт  үргэлжлэх хугацаа (мс) |  | 0,15 | 13 | 1 100 | Сөрөг цахилалт(бүгд) |  |
| 31 | 180 | 900 | Сөрөг цахилалт (дангаараа биш) |
| 14 | 85 | 500 | Эерэг цахилалт |
| а I= 4 kA ба I= 20 kA-ийн утга тус тусын магадлал 98% ба 80% байна.  b Параметр ба холбогдох утга Electra NO. 69 дээр мэдээлэгдсэн. | | | | | | |

###### **Table A.1 – Tabulated values of lightning current parameters taken from CIGRE (Electra No. 41 or No. 69) [3], [4]**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parameter | Fixed values for LPL I | Values | | | Type of stroke | Line in Figure A.5 |
| 95 % | 50 % | 5 % |
| I (kA) |  | 4a | 20a | 90 | First negative shortb | 1A+1B |
| 50 | 4,9 | 11,8 | 28,6 | Subsequent negative shortb | 2 |
| 200 | 4,6 | 35 | 250 | First positive short (single) | 3 |
| QFLASH (C) |  | 1,3 | 7,5 | 40 | Negative flash | 4 |
| 300 | 20 | 80 | 350 | Positive flash | 5 |
| QSHORT (C) |  | 1,1 | 4,5 | 20 | First negative short | 6 |
| 0,22 | 0,95 | 4 | Subsequent negative short | 7 |
| 100 | 2 | 16 | 150 | First positive short (single) | 8 |
| W/R (kJ/Ω) |  | 6 | 55 | 550 | First negative short | 9 |
| 0,55 | 6 | 52 | Subsequent negative short | 10 |
| 10 000 | 25 | 650 | 15 000 | First positive short | 11 |
| di/dtmax  (kA/μs) |  | 9,1 | 24,3 | 65 | First negative shortb | 12 |
| 9,9 | 39,9 | 161,5 | Subsequent negative shortb | 13 |
| 20 | 0,2 | 2,4 | 32 | First positive short | 14 |
| di/dt30%/90 %  (kA/μs) | 200 | 4,1 | 20,1 | 98,5 | Subsequent negative shortb | 15 |
| QLONG (C) | 200 |  |  |  | Long |  |
| TLONG (s) | 0,5 |  |  |  | Long |  |
| Front duration (μs) |  | 1,8 | 5,5 | 18 | First negative short |  |
| 0,22 | 1,1 | 4,5 | Subsequent negative short |
| 3,5 | 22 | 200 | First positive short (single) |
| Stroke duration (μs) |  | 30 | 75 | 200 | First negative short |  |
| 6,5 | 32 | 140 | Subsequent negative short |
| 25 | 230 | 2 000 | First positive short (single) |
| Time interval (ms) |  | 7 | 33 | 150 | Multiple negative strokes |  |
| Total flash  duration (ms) |  | 0,15 | 13 | 1 100 | Negative flash (all) |  |
| 31 | 180 | 900 | Negative flash (without single) |
| 14 | 85 | 500 | Positive flash |
| a The values of I = 4 kA and I = 20 kA correspond to a probability of 98 % and 80 %, respectively.  b Parameters and relevant values reported on Electra No. 69. | | | | | | |

**Хүснэгт A.2 - Аянгын цахилгаан гүйдлийн параметрийн логарифмийн хэвийн тархалт -**

**μ ба σlog дундаж болон тархалтыг CIGRE(Electra NO.41 буюу NO.69)-д үндэслэн 95%, 5% -ийн утгуудад тооцоолсон [3], [4]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Дундаж**  **μ** | **Тархалт a**  **σlog** | **Цахилалтын төрөл** | **Зураг A.5 дахь шугам** |
| I(кA) | (61,1) | 0,576 | Эхний сөрөг богино (80%) b | 1А |
| 33,3 | 0,263 | Эхлээд сөрөг богино (80%) b | 1Б |
| 11,8 | 0,233 | Дараагийн сөрөг богиноb | 2 |
| 33,9 | 0,527 | Эхний эерэг богино (ганц) | 3 |
| QFLASH (C) | 7,21 | 0,452 | Сөрөг цахилал | 4 |
| 83,7 | 0,378 | Эерэг цахилалт | 5 |
| QSHORT (C) | 4,69 | 0,383 | Эхний сөрөг богино | 6 |
| 0,938 | 0,383 | Дараагийн сөрөг богино | 7 |
| 17,3 | 0,570 | Эхний эерэг богино (ганц) | 8 |
| W / R(кЖ /Ом ) | 57,4 | 0,596 | Эхний сөрөг богино | 9 |
| 5,35 | 0,600 | Дараагийн сөрөг богино | 10 |
| 612 | 0,844 | Эхний эерэг богино | 11 |
| di/ dt хамгийн их  (кА /μ ) | 24,3 | 0,260 | Эхний сөрөг богиноb | 12 |
| 40,0 | 0,369 | Дараагийн сөрөг богиноb | 13 |
| 2,53 | 0,670 | Эхний эерэг богино | 14 |
| di/ d t30% / 90%  (кА /μ ) | 20,1 | 0,420 | Дараагийн сөрөг богиноb | 15 |
| QLONG (C) | 200 |  | Урт |  |
| TLONG(с) | 0,5 |  | Урт |  |
| Эхэн үеийн хугацаа (Sμ | 5,69 | 0,304 | Эхний сөрөг богино |  |
| 0,995 | 0,398 | Дараагийн сөрөг богино |  |
| 26,5 | 0,534 | Эхний эерэг богино (ганц) |  |
| Цахилалт үргэлжлэх хугацаа (сμ | 77,5 | 0,250 | Эхний сөрөг богино |  |
| 30,2 | 0,405 | Дараагийн сөрөг богино |  |
| 224 | 0,578 | Эхний эерэг богино (ганц) |  |
| Хугацааны интервал (минут) | 32,4 | 0,405 | Олон сөрөг цахилалт |  |
| Нийт цахилалт үргэлжлэх хугацаа (мс) | 12,8 | 1,175 | Сөрөг цахилалт(бүгд) |  |
| 167 | 0,445 | Сөрөг цахилалт (дангаараа биш) |  |
| 83,7 | 0,472 | Эерэг цахилалт |  |
| a σlog= log (X16%)- log (X50%), энд X нь параметрийн утга болно.  b Параметр ба холбогдох утгууд Electra NO. 69 дээр мэдээлэгдсэн. | | | | |

**Table A.2 – Logarithmic normal distribution of lightning current parameters –**

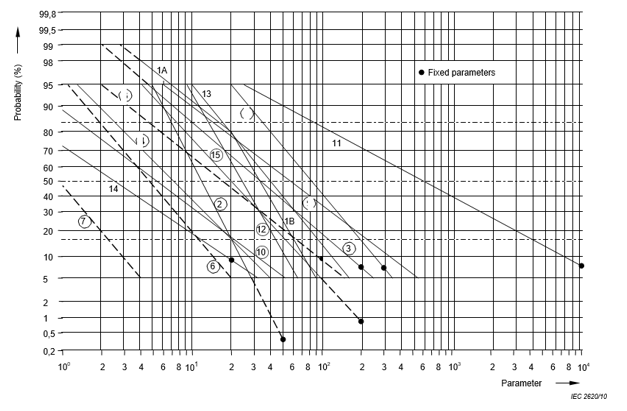
**Mean μ and dispersion σlog calculated from 95 % and 5 % values from CIGRE (Electra No. 41 or No. 69) [3], [4]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Mean**  **μ** | **Dispersiona**  **σlog** | **Stroke type** | **Line in Figure A.5** |
| I (kA) | (61,1) | 0,576 | First negative short (80 %) b | 1A |
| 33,3 | 0,263 | First negative short (80 %) b | 1B |
| 11,8 | 0,233 | Subsequent negative shortb | 2 |
| 33,9 | 0,527 | First positive short (single) | 3 |
| QFLASH (C) | 7,21 | 0,452 | Negative flash | 4 |
| 83,7 | 0,378 | Positive flash | 5 |
| QSHORT (C) | 4,69 | 0,383 | First negative short | 6 |
| 0,938 | 0,383 | Subsequent negative short | 7 |
| 17,3 | 0,570 | First positive short (single) | 8 |
| W/R (kJ/Ω) | 57,4 | 0,596 | First negative short | 9 |
| 5,35 | 0,600 | Subsequent negative short | 10 |
| 612 | 0,844 | First positive short | 11 |
| di/dtmax  (kA/μs) | 24,3 | 0,260 | First negative shortb | 12 |
| 40,0 | 0,369 | Subsequent negative shortb | 13 |
| 2,53 | 0,670 | First positive short | 14 |
| di/dt30%/90 %  (kA/μs) | 20,1 | 0,420 | Subsequent negative shortb | 15 |
| QLONG (C) | 200 |  | Long |  |
| TLONG (s) | 0,5 |  | Long |  |
| Front duration (μs) | 5,69 | 0,304 | First negative short |  |
| 0,995 | 0,398 | Subsequent negative short |  |
| 26,5 | 0,534 | First positive short (single) |  |
| Stroke duration (μs) | 77,5 | 0,250 | First negative short |  |
| 30,2 | 0,405 | Subsequent negative short |  |
| 224 | 0,578 | First positive short (single) |  |
| Time interval (ms) | 32,4 | 0,405 | Multiple negative strokes |  |
| Total flash duration (ms) | 12,8 | 1,175 | Negative flash (all) |  |
| 167 | 0,445 | Negative flash (without single) |  |
| 83,7 | 0,472 | Positive flash |  |
| a σlog = log(X16 %) – log(X50 %) where X is the value of parameter.  b Parameters and relevant values reported on Electra No. 69. | | | | |

**Хүснэгт A.3 – аянгын I гүйдлийн** P **функцийн магадлалын утга**

**Table A.3 – Values of probability P as function of the lightning current I**

|  |  |
| --- | --- |
| ***I***  (kA) | ***P*** |
| 0 | 1 |
| 3 | 0,99 |
| 5 | 0,95 |
| 10 | 0,9 |
| 20 | 0,8 |
| 30 | 0,6 |
| 35 | 0,5 |
| 40 | 0,4 |
| 50 | 0,3 |
| 60 | 0,2 |
| 80 | 0,1 |
| 100 | 0,05 |
| 150 | 0,02 |
| 200 | 0,01 |
| 300 | 0,005 |
| 400 | 0,002 |
| 600 | 0,001 |



ТАЙЛБАР: Муруйн дугаарлалтыг A.1 ба A.2 хүснэгтээс үзнэ үү.

NOTE: For numbering of curves see Tables A.1 and A.2.

**Зураг A.5 - Аянгын гүйдлийн параметрийн хуримтлагдсан давтамжийн тархалт (95% ба 5% -ийн утгыг харуулсан шугам)**

**Figure A.5 – Cumulative frequency distribution of lightning current parameters (lines through 95 % and 5 % value)**

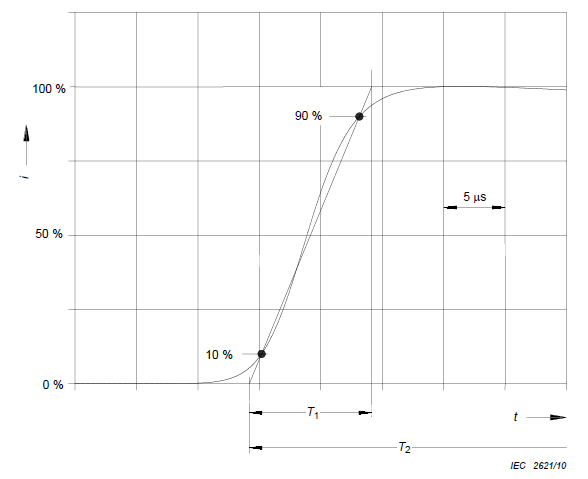
|  |  |
| --- | --- |
| Энэхүү стандартад өгөгдсөн АХТ-т заасан бүх стандарт нь доошоо болон дээшээ чиглэсэн цахилалттай холбоотой байдаг.  ТАЙЛБАР: Аянгын параметрийн утгыг ихэвчлэн өндөр байгууламж дээр авсан хэмжилтээс авдаг. Аянгын гүйдлийн хамгийн их утгыг өндөр барилга байгууламжийн нөлөөг тооцоогүй, ойролцоогоор тооцоолсон статистик тархалтын утгыг аянгын байршлын системээс авах боломжтой.  АХТ I-ийн аянгын гүйдлийн параметрийн хамгийн их утгад засвар оруулах  **А.3.1 Эерэг импульс**  Аянгын механик нөлөө нь гүйдлийн хамгийн их утга (I), мөн бодит энерги (W / R) -тэй холбоотой байдаг. Дулааны эффект нь эсэргүүцэлтэй холбосон үед бодит энерги (W / R) -тэй, нум үүссэн тохиолдолд цэнэг (Q)-тэй холбоотой. Нөлөөмжийн харилцан үйлчлэлээс үүссэн хэт хүчдэл ба аюултай оч нь аянгын гүйдлийн эхний хэсгийн эгц босоо байдал дундаж утга (di / dt) -тай холбоотой юм.  Параметр тус бүр (I, Q, W / R, di/ dt) нь механизмийг гэмтээх шинж чанартай байдаг. Туршилтын журмыг боловсруулахдаа үүнийг анхаарч үзэх хэрэгтэй.  **А.3.2 Эерэг импульс ба урт цахилалт**  Механик ба дулааны эффекттэй холбоотой I, Q, W / R-ийн утгуудыг эерэг цахилалтаар тодорхойлно (учир нь тэдгээрийн 10% утга нь сөрөг цахилалтад харгалзах 1% -ийн хэмжээнээс хамаагүй өндөр байна). Зураг A.5-аас (3, 5, 8, 11, 14-р мөр) 10% -иас доош магадлалтай дараах утгуудыг авч болно:  *I*  =200кА  *QFLASH*  =300 C  *QSHORT* =100 C  *W/R* = 10MJ/Ом  *di /dt* =20 kA /µс  Зураг A.1-ийн дагуу эхний эерэг импульсийг харуулсан, эхэн үеийн хугацааны эдгээр утга нь анхны тооцооллын утгыг өгнө:  T1=*I/ (di/ dt)* = 10µс (T1 нь нөлөө багатай)  Унтарч буй цахилалтад цэнэг ба энергийн утгыг ойролцоогоор тодорхойлоход дараах томъёог хэрэглэнэ (T1 << T2):  QSHORT= (1 / 0,7)х I х T2  W/R= (1/2) ˟ (1 / 0,7) ˟ I2 ˟ Т2  Эдгээр томъёонд өгсөн дунд үеийн хугацааны утга нь:  T2= 350µ с  Урт цахилалтын цэнэгийг дараахь байдлаар тооцоолж болно:  QLONG=QFLASH-QSHORT = 200 C  Түүний үргэлжлэх хугацааг Зураг А.2-т заасны дагуу Хүснэгт A.1-ийн өгөгдлөөс дараах байдлаар тооцоолж болно:  TLONG = 0,5 s | All values fixed for LPL given in this standard relate to both downward and upward flashes.  NOTE The value of lightning parameters is usually obtained from measurement taken on tall structures. Statistical distribution of roughly estimated lightning current peak values that does not consider the effect of tall structures is also available from lightning location systems.  A.3 Fixing the maximum lightning current parameters for LPL I  **A.3.1 Positive impulse**  The mechanical effects of lightning are related to the peak value of the current (I), and to the specific energy (W/R). The thermal effects are related to the specific energy (W/R) when resistive coupling is involved and to the charge (Q) when arcs develop to the installation. Overvoltages and dangerous sparking caused by inductive coupling are related to the average steepness (di/dt) of the lightning current front.  Each of the single parameters (I, Q, W/R, di/dt) tend to dominate each failure mechanism. This shall be taken into account in establishing test procedures.  **A.3.2 Positive impulse and long stroke**  The values of I, Q and W/R related to mechanical and thermal effects are determined from positive flashes (because their 10 % values are much higher than the corresponding 1 % values of the negative flashes). From Figure A.5 (lines 3, 5, 8, 11 and 14) the following values with probabilities below 10 % can be taken:  *I* = 200 kA  *QFLASH* = 300 C  *QSHORT* = 100 C  *W/R* = 10 MJ/Ω  *di/dt* = 20 kA/μs  For a first positive impulse according to Figure A.1, these values give a first approximation for the front time:  T1 = *I / (di/dt)* = 10 µs (T1 is of minor interest)  For an exponentially decaying stroke, the following formulae for approximate charge and energy values apply (T1 << T2):  QSHORT = (1/0,7) х I х T2  W/R = (1/2) ˟ (1/0,7) ˟ I 2 ˟ T2  These formulae, together with the values given above, lead to a first approximation for the time to half value:  T2= 350 µs  For the long stroke, its charge can be approximately calculated from:  QLONG = QFLASH - QSHORT = 200 C  Its duration time, according to Figure A.2, may be estimated from data in Table A.1 as:  TLONG = 0,5 s |
| **А.3.3 Эхний сөрөг импульс**  Зарим нөлөөмжийн харилцан үйлчлэлийн эффектийн хувьд эхний сөрөг импульс нь нөлөөмжийн хэт хүчдэл үүсэхэд нөлөө үзүүлдэг, жишээ нь: төмөр бетоноор хийсэн кабелийн сувгийн доторхи кабелуудын хооронд. Зураг A.5-аас (1 ба 12-р мөр) 1% -иас доош магадлалтай дараах утгыг авч болно:  *I* = 100 кА  *di/dt* = 100 kA/μs  Зураг A.1-д заасны дагуу анхны сөрөг импульсийн хувьд эдгээр утгууд нь түүний эхэн үеийн хугацааны анхны тооцооллыг өгнө:  T1=*I/ (di/ dt)* = 1,0μ с  Эхний сөрөг импульсийн цахилалтын хугацаанаас түүний дунд үеийн үргэлжлэх хугацааны утгыг тооцоолно:  T2= 200 μs (T2 нь нөлөө багатай).  **А.3.4             Дараагийн импульс**  Нөлөөмжийн харилцан үйлчлэлээс үүдэлтэй аюултай оч үүсэхтэй холбоотой муруйн эгц босоо байдлын дундаж хамгийн их утга *di/dt* нь сөрөг цахилалтын дараагийн импульсээр тодорхойлогдоно (учир нь тэдгээрийн 1% утга нь эхний сөрөг цахилалтын 1% -иас бага зэрэг их эсвэл эерэг цахилалтуудад харгалзах 10% -иас бага зэрэг өндөр байна). Зураг A.5-аас (2 ба 15-р мөрүүд) 1% -иас доош магадлалтай дараах утгуудыг авч болно.  *I* = 50 кА  *di/ dt* = 200 кА /μс  Зураг A.1-д харуулсаны дагуу дараагийн импульсийн хувьд эдгээр утгууд нь түүний эхний үеийн хугацааны ойролцоо утгыг илэрхийлнэ:  T1= *I* / (di/ dt) = 0,25μ с  Цахилалтын дараагийн сөрөг импульсийн үргэлжлэх хугацаанаас дунд үеийн хугацааны утгыг тодорхойлох боломжтой:  T2= 100μs (T2 нь нөлөө багатай).  **A.4 Аянгын гүйдлийн параметрийн хамгийн бага утгад засвар оруулах**  Аянга хүлээн авагч системийн хүлээн авах чадвар нь аянгын гүйдлийн параметрийн бага утга болон эргэлдэгч бөмбөлгийн радиусаас хамаарна. Шууд аянгын цахилалтаас хамгаалагдсан газрын геометрийн хил хязгаарыг эргэлдэгч бөмбөлгийн аргыг ашиглан тодорхойлж болно  Электро-геометрийн загвараас харахад эргэлдэгч бөмбөрцөгийн радиус r (тойргийн захын цэг) нь эхний импульсийн гүйдлийн хамгийн их утгатай хамаарсан байна. IEEE ажлын хэсгийн тайланд [5] хамаарлыг дараах байдлаар өгөв  r=10× I 0,65 (A.1)  Үүнд  *r* эргэлдэгч бөмбөлгийн радиус (м);  *I*  гүйдлийн хамгийн их утга (кА).  Өгөгдсөн эргэлдэгч бөмбөрцөгийн радиус r-ийг гүйдлийн оргил утга багатай болон ихтэй бүх төрлийн цахилалтанд авч үзсэн ба гүйдэл нь байгалийн болон зориулалтын аянга хүлээн авагчаар зайлуулагдана. Иймээс зураг А.5-аас авсан сөрөг ба эерэг эхний цахилалтуудын гүйдлийн хамгийн их утгыг (1A ба 3-р шугам) магадлалын огтлолын цэг гэж үзнэ. 10% эерэг ба 90% сөрөг цахилалтын туйлын харьцааг харгалзан үзвэл нийт магадлалын огтлолын цэгийг тооцоолж болно (Хүснэгт 5-ыг үзнэ үү).  **Хавсралт Б**  (нэмэлт мэдээлэл)  **Анализ хийхэд зориулсан аянгын гүйдлийн хугацааны функц**  Гүйдлийн хэлбэр  - эхний эерэг импульс 10/350 µс,  - эхний сөрөг импульс 1/200 µс,  - дараагийн сөрөг импульс 0.25 / 100µс, гэж тодорхойлж болно:  ˟ (B.1)  Үүнд:  *I* - гүйдлийн оргил үе (хамгийн их утга);  *k* - Гүйдлийн хамгийн их утгын засварын коэффициент  *t*- хугацаа;  *T1*-эхний хэсгийн хугацааны тогтмол;  *T2*-төгсгөл хэсгийн хугацааны тогтмол.  Эхний эерэг импульс, эхний сөрөг импульс болон АХТ-ийн өөр өөр сөрөг импульсийн гүйдлийн хэлбэрт 1-р хүснэгтэд үзүүлсэн параметрийг ашиглана. Хугацааны функцийн аналитик муруйг Б.1-ээс Б.6-р зурагт үзүүлэв. | **A.3.3 First negative impulse**  For some inductive coupling effects, the first negative impulse leads to the highest induced voltages, e.g. for cables within cable ducts made of reinforced concrete. From Figure A.5 (lines 1 and 12) the following values with probabilities below 1 % can be taken:  *I* = 100 kA  *di/dt* = 100 kA/µs  For a first negative impulse according to Figure A.1 these values give a first approximation for its front time of:  T1 = *I /(di/dt)* = 1,0 µ  Its time to half value may be estimated from the stroke duration of first negative impulses:  T2 = 200 µs (T2 is of minor interest).  **A.3.4 Subsequent impulse**  The maximum value of average steepness *di/dt* related to the dangerous sparking caused by inductive coupling is determined from subsequent impulses of negative flashes (because their 1 % values are somewhat higher than the 1 % values from first negative strokes or the corresponding 10 % values of the positive flashes). From Figure A.5 (lines 2 and 15) the following values with probabilities below 1 % can be taken:  *I* = 50 kA  *di/dt* = 200 kA/µs  For a subsequent impulse according to Figure A.1 these values give a first approximation for its front time of:  T1= *I* / (di/dt) = 0,2 µs  Its time to half value may be estimated from the stroke duration of negative subsequent impulses:  T2 = 100 µs (T2 is of minor interest).  **A.4 Fixing the minimum lightning current parameters**  The interception efficiency of an air-termination system depends on the minimum lightning current parameters and on the related rolling sphere radius. The geometrical boundary of areas which are protected against direct lightning flashes can be determined using the rolling sphere method.  Following the electro-geometric model, the rolling sphere radius r (final jump distance) is correlated with the peak value of the first impulse current. In an IEEE working group report [5], the relation is given as  r = 10 x I 0,65 (A.1)  where  *r* is the rolling sphere radius (m);  *I* is the peak current (kA).  For a given rolling sphere radius r it can be assumed that all flashes with peak values higher than the corresponding minimum peak value I will be intercepted by natural or dedicated air terminations. Therefore, the probability for the peak values of negative and positive first strokes from Figure A.5 (lines 1A and 3) is assumed to be the interception probability. Taking into account the polarity ratio of 10 % positive and 90 % negative flashes, the total interception probability can be calculated (see Table 5).  **Annex B**  (informative)  **Time functions of the lightning current for analysis purposes**  The current shapes of  – the first positive impulse 10/350 µs,  – the first negative impulse 1/200 µs,  – the subsequent negative impulses 0,25/100 µs, may be defined as:  ˟ (B.1)  Where:  *I* is the peak current;  *k* is the correction factor for the peak current;  *t* is the time;  *T1* is the front time constant;  *T2* is the tail time constant.  For the current shapes of the first positive impulse, the first negative impulse and the subsequent negative impulses for different LPL, the parameters given in Table B.1 apply. The analytic curves as function of time are shown in Figures B.1 to B.6. |

**Хүснэгт Б.1 - Тэгшитгэлийн параметр (Б.1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Эхний эерэг импульс** | | | **Эхний сөрөг импульс** | | | **Дараагийн сөрөг импульс** | | |
| **АХТ** | | | **АХТ** | | | **АХТ** | | |
| I | II | III-IV | I | II | III-IV | I | II | III-IV |
| *I(кA)* | 200 | 150 | 100 | 100 | 75 | 50 | 50 | 37,5 | 25 |
| *k* | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,986 | 0,986 | 0,986 | 0,993 | 0,993 | 0,993 |
| *T1 (μs)* | 19 | 19 | 19 | 1,82 | 1,82 | 1,82 | 0,454 | 0,454 | 0,454 |
| *T2 (μs)* | 485 | 485 | 485 | 285 | 285 | 285 | 143 | 143 | 143 |

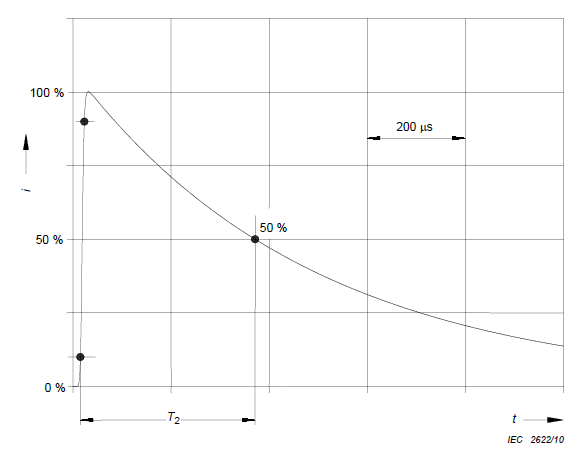
###### **Table B.1 – Parameters for Equation (B.1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parameters** | **First positive impulse** | | | **First negative impulse** | | | **Subsequent negative impulse** | | |
| **LPL** | | | **LPL** | | | **LPL** | | |
| **I** | **II** | **III-IV** | **I** | **II** | **III-IV** | **I** | **II** | **III-IV** |
| I (kA) | 200 | 150 | 100 | 100 | 75 | 50 | 50 | 37,5 | 25 |
| k | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,986 | 0,986 | 0,986 | 0,993 | 0,993 | 0,993 |
| T1 (*μ*s) | 19 | 19 | 19 | 1,82 | 1,82 | 1,82 | 0,454 | 0,454 | 0,454 |
| T2 (*μ*s) | 485 | 485 | 485 | 285 | 285 | 285 | 143 | 143 | 143 |



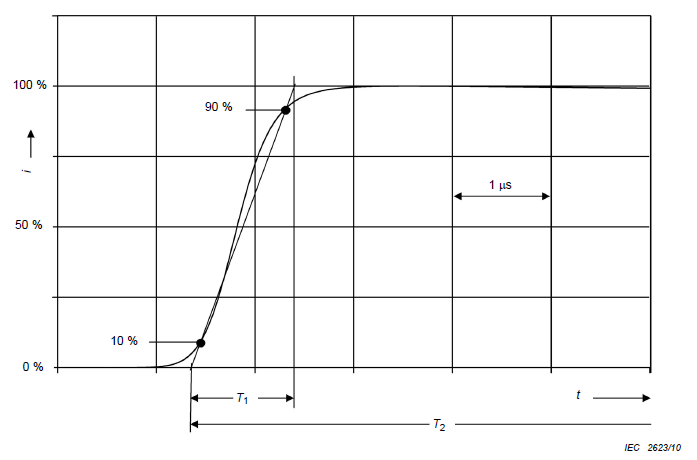
###### **Зураг B.1 - Эхний эерэг импульсийн гүйдлийн өсөлтийн хэлбэр**

**Figure B.1 – Shape of the current rise of the first positive impulse**



###### **Зураг B.2 - Эхний эерэг импульсийн гүйдлийн бууралтын хэлбэр**

**Figure B.2 – Shape of the current tail of the first positive impulse**



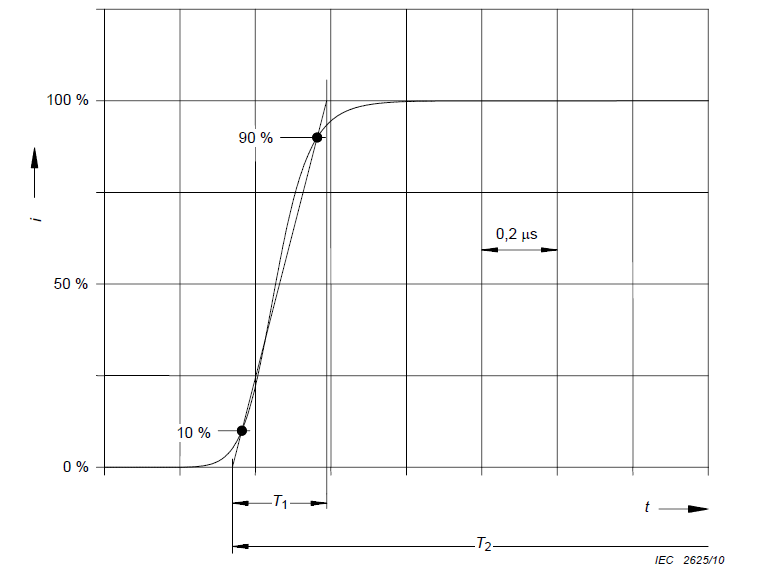
###### **Зураг B.3 - Эхний сөрөг импульсийн гүйдлийн өсөлтийн хэлбэр**

**Figure B.3 – Shape of the current rise of the first negative impulse**



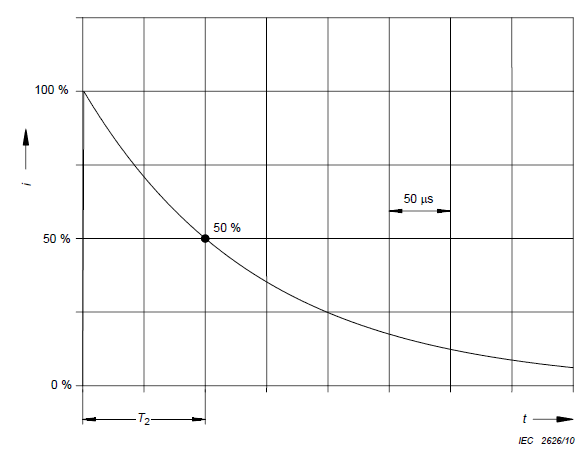
###### **Зураг B.4 - Эхний сөрөг импульсийн гүйдлийн бууралтын хэлбэр**

**Figure B.4 – Shape of the current tail of the first negative impulse**



###### **Зураг B.5 - Дараагийн сөрөг импульсийн гүйдлийн өсөлтийн хэлбэр**

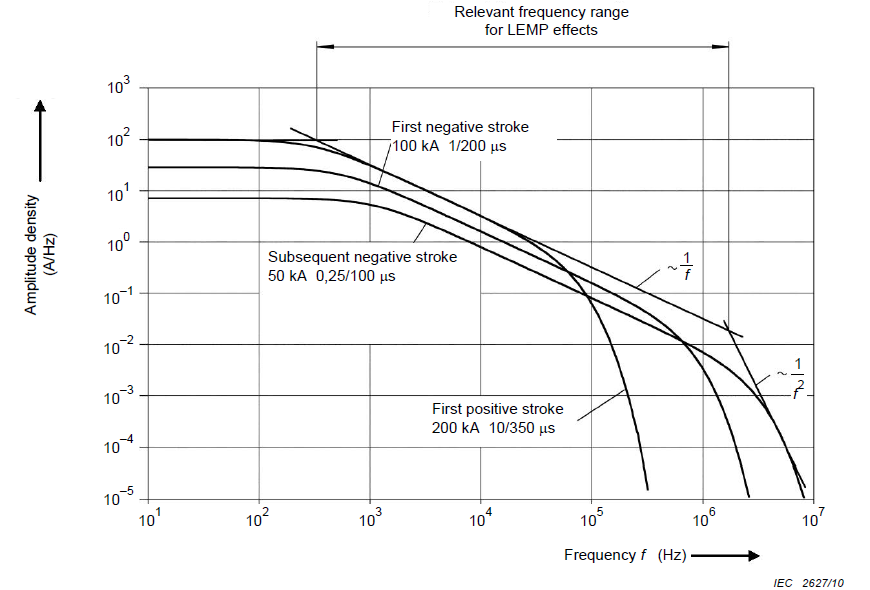
###### **Figure B.5 – Shape of the current rise of the subsequent negative impulses**



###### **Зураг B.6 - Дараагийн сөрөг импульсийн гүйдлийн бууралтын хэлбэр**

**Figure B.6 – Shape of the current tail of the subsequent negative impulses**

|  |  |
| --- | --- |
| Урт цахилалтыг 3-р хүснэгтэд үндэслэн I гүйдлийн дундаж ба TLONG хугацааны хамаарлаар тэгш өнцөгт долгион хэлбэрээр дүрсэлж болно.  Хугацааны функцийн аналитик муруйгаас цахилалтын гүйдлийн далайцын нягтыг (Зураг B.7) тодорхойлж болно. | The long stroke can be described by a rectangular waveshape with an average current I and a duration TLONG according to Table 3.  From the analytic curves as function of time, the amplitude density of the lightning current (Figure B.7) can be derived. |



###### **Зураг B.7 - АХТ I-ийн дагуу аянгын гүйдлийн далайцын нягтрал**

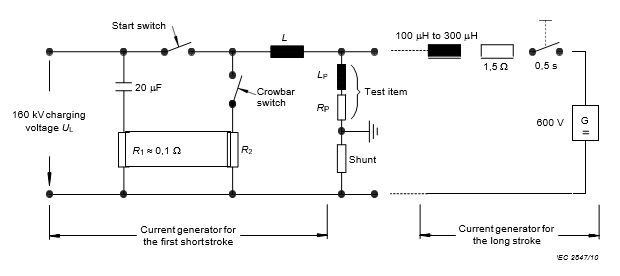
**Figure B.7 – Amplitude density of the lightning current according to LPL I**

|  |  |
| --- | --- |
| **Хавсралт C**  (нэмэлт мэдээлэл)  Туршилтын зорилгоор аянгын гүйдлийг загварчлах  **C.1 Ерөнхий тайлбар**  Хэрэв байгууламж аянгад өртвөл аянгын гүйдэл нь байгууламжийн хүрээнд тархдаг. Хамгаалалтын хэмжилтийн бие даасан бүрэлдэхүүн хэсгийг туршихдаа бүрэлдэхүүн хэсэг бүрт тохирох туршилтын параметрийг сонгох ёстойг анхаарах хэрэгтэй. Үүний тулд системийн шинжилгээ хийх шаардлагатай.  **C.2 Эхний эерэг импульсийн бодит энерги ба урт цахилалтын цэнэгийг загварчлах**  Туршилтын параметрийг C.1 ба C.2 хүснэгтэд тодорхойлсон бөгөөд туршилтын үүсгүүрийн жишээг C.1-т үзүүлэв. Энэ үүсгүүүрийг урт цахилалтын цэнэгтэй хослуулан эхний эерэг импульсийн тодорхой энергийг загварчилхад ашиглаж болно.  Туршилтыг механик бүрэн бүтэн байдлыг хангахын тулд хор хөнөөл учруулахуйц халалт ба хайлуулах нөлөөнөөс ангид байлгах шаардлагатай.  Эхний эерэг импульсийг загварчлахтай холбоотой туршилтын параметрийг (оролтын гүйдэл I, тодорхой энерги W / R, цэнэг QSHORT) Хүснэгт В.1-д үзүүлэв. Эдгээр параметрийг ижил импульсээр авах хэрэгтэй. Гүйдэл нь ойролцоогоор Т2 (350 μс) хугацааны дараа бүрэн зайлуулагдана.  Урт цахилалтыг загварчлахтай холбоотой туршилтын параметрийг (цэнэг QLONG ба TLONG хугацаа) В.2 хүснэгтэд үзүүлэв.  Туршилтын эд ангиуд ба механизмуудыг гэмтээх магадлалаас хамааран эхний эерэг импульсын эсвэл урт цахилалтын туршилтыг дангаар нь эсвэл хосолсон туршилтаар хийж болно. Нум үүсч хайлах туршилтыг хоёр туйлшралын хоёуланг нь ашиглан хийх ёстой.  ТАЙЛБАР: Эхний сөрөг импульсийг туршилтын зорилгоор ашиглах ёсгүй. | **Annex C**  (informative)  Simulation of the lightning current for test purposes  **C.1 General**  If a structure is struck by lightning, the lightning current is distributed within the structure. When testing individual protection measure components, this must be taken into account by choosing appropriate test parameters for each component. To this end, a system analysis has to be performed.  **C.2 Simulation of the specific energy of the first positive impulse and the charge of the long stroke**  Test parameters are defined in Tables C.1 and C.2 and an example test generator is shown in Figure C.1. This generator may be used to simulate the specific energy of the first positive impulse combined with the charge of the long stroke.  The tests may be used to assess mechanical integrity, freedom from adverse heating and melting effects.  The test parameters relevant for simulation of the first positive impulse (peak current I, the specific energy W/R, and the charge QSHORT) are given in Table C.1. These parameters should be obtained in the same impulse. This can be achieved by an approximately  exponentially decaying current with T2 in the range of 350 μs.  The test parameters relevant for the simulation of the long stroke (charge QLONG and duration TLONG) are given in Table C.2.  Depending on the test item and the expected damage mechanisms, the tests for the first positive impulse or the long stroke can be applied singly or as a combined test, where the long stroke follows the first impulse immediately. Tests for arc melting should be performed using both polarities.  NOTE The first negative impulse is not to be used for test purposes. |



###### ТАЙЛБАР: Эдгээр утга нь АХТ I-т хамаарна.

###### **Зураг C.1 Эхний эерэг импульсийн тодорхой энерги ба урт цахилалтын цэнэгийг загварчлах туршилтын үүсгүүрийн жишээ**



NOTE The values apply to LPL I.

**Figure C.1 – Example test generator for the simulation of the specific energy of the first positive impulse and the charge of the long stroke**

**Хүснэгт C.1 - Эхний эерэг импульсийн туршилтын параметр**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын параметр** | **АХТ** | | | **Зөвшөөрөгдөх хэмжээ**  **%** |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| Гүйдлийн оргил утга *I* (к.A) | 200 | 150 | 100 | ±10 |
| Цэнэглэх QSHORT(C) | 100 | 75 | 50 | ±20 |
| Бодит энерги W / R (MJ / Ω ) | 10 | 5,6 | 2.5 | ±35 |

**Table C.1 – Test parameters of the first positive impulse**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Test parameters** | **LPL** | | | **Tolerance**  **%** |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| Peak current *I* (kA) | 200 | 150 | 100 | ±10 |
| Charge QSHORT (C) | 100 | 75 | 50 | ±20 |
| Specific energy W/R (MJ/Ω) | 10 | 5,6 | 2,5 | ±35 |

**Хүснэгт C.2 - Урт цахилалтын туршилтын парамет**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын параметр** | **АХТ** | | | **Зөвшөөрөгдөх хэмжээ**  **%** |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| Цэнэглэх QLONG(C) | 200 | 150 | 100 | ±20 |
| Үргэлжлэх хугацаа TLONG(сек) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | ±10 |

**Table C.2 – Test parameters of the long stroke**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Test parameters** | **LPL** | | | **Tolerance**  **%** |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| Charge QLONG (C) | 200 | 150 | 100 | ±20 |
| Duration TLONG (s) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | ±10 |

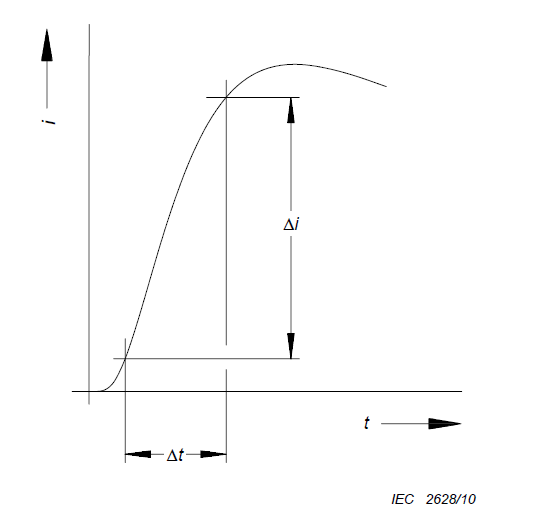
|  |  |
| --- | --- |
| **C.3 Импульсийн эхний хэсгийн гүйдлийн огцом ихсэлтийг загварчлах**  Цахилалтын гүйдлийг дамжуулж буй дамжуулагчийн эргэн тойронд үүссэн нөлөөмжийн хүчдэлээр гүйдлийн эгц босоо байдлыг тодорхойлдог.  Гүйдлийн импульсын эхны хэсгийн огцом өсөлт нь Δt хугацааны үед гүйдлийн Δi өсөлтөөр тодорхойлогдоно (Зураг В.2). Гүйдлийн огцом өсөлтийг загварчлахад хамаарах туршилтын параметрийг Хүснэгт В.3-д үзүүлэв. Туршилтын үүсгүүрийг В.3 ба В.4-р зурагт үзүүлэв (эдгээр нь шууд аянгын цахилалттай холбоотой аянгын гүйдлийн огцом өсөлтийн байдлыг загварчлахад ашиглагддаг). Загварчлалыг эхний эерэг импульс, дараа нь сөрөг импульсээр хийх боломжтой.  ТАЙЛБАР: Энэхүү загварчлал нь гүйдлийн импульсийн эхний өсөлтийн эгц босоо байдлыг харуулна. Энэхүү загварчлал нь гүйдлийн буурах хэсгийг агуулаагүй болно.  В.3-т заасны дагуу загварчлалыг бие даасан байдлаар, эсвэл В.2-т заасны дагуу загварчлалын хамт хэрэглэж болно.  АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэгт аянгын үзүүлэх нөлөөг загварчлал хийдэг туршилтын параметрийн талаарх нэмэлт мэдээллийг Хавсралт Г-ээс үзнэ үү. | **C.3 Simulation of the front current steepness of the impulses**  The steepness of the current determines the magnetically induced voltages in loops installed near conductors carrying lightning currents.  The current steepness of an impulse is defined as the rise of the current Δi during rise time Δt (Figure C.2). The test parameters relevant for the simulation of this current steepness are given in Table C.3. Example test generators are shown in Figures C.3 and C.4, (these may be used to simulate the front steepness of a lightning current associated with a direct lightning strike). The simulation can be carried out for a first positive impulse and a subsequent negative impulse.  NOTE This simulation covers the front current steepness of impulses. The tail of the current has no influence on this kind of simulation.  The simulation according to Clause C.3 may be applied independently or in combination with the simulation according to Clause C.2.  For further information on test parameters simulating the effects of lightning on LPS components, see Annex D. |

**Хүснэгт C.3 - Импульсийн туршилтын параметр**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Туршилтын параметр** | **АХТ** | | | **Зөвшөөрөгдөх хэмжээ**  **%** |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| Эхний эерэг импульс    *ΔI* (kA)  *Δt*  (c) | 200  10 | 150  10 | 100  10 | ±10  ±20 |
| Дараагийн сөрөг импульс    *ΔI* (kA)  *Δt* (c) | 50  0,25 | 37,5  0,25 | 25  0,25 | ±10  ±20 |

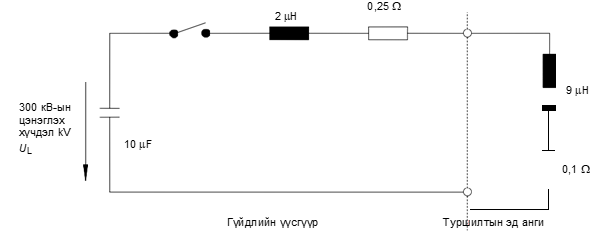
**Table C.3 – Test parameters of the impulses**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Test parameters** | **LPL** | | | **Tolerance**  **%** |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| first positive impulse    *ΔI*  (kA)  *Δt*  (c) | 200  10 | 150  10 | 100  10 | ±10  ±20 |
| subsequent negative impulses    *ΔI*  (kA)  *Δt* (c) | 50  0,25 | 37,5  0,25 | 25  0,25 | ±10  ±20 |



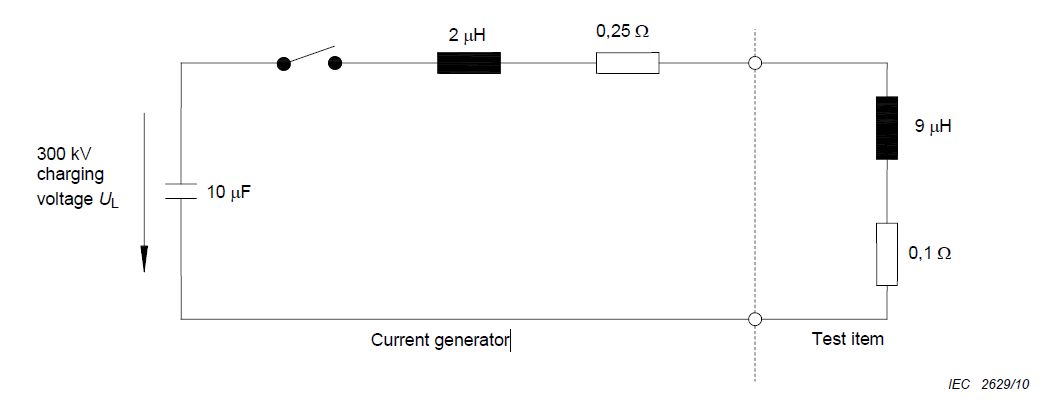
**Зураг C.2 - Хүснэгт C.3-ийн дагуу гүйдлийн эхний хэсгийн өсөлтийг тодорхойлно**

**Figure C.2 – Definition of the current steepness in accordance with Table C.3**



ТАЙЛБАР Эдгээр утга нь АХТ I-т хамаарна.

**Зураг C.3 -Том хэмжээний туршилтын эд ангиудтай үед эхний эерэг импульсийн огцом өсөх өсөлтын байдлыг загварчлах туршилтын үүсгүүрийн жишээ**

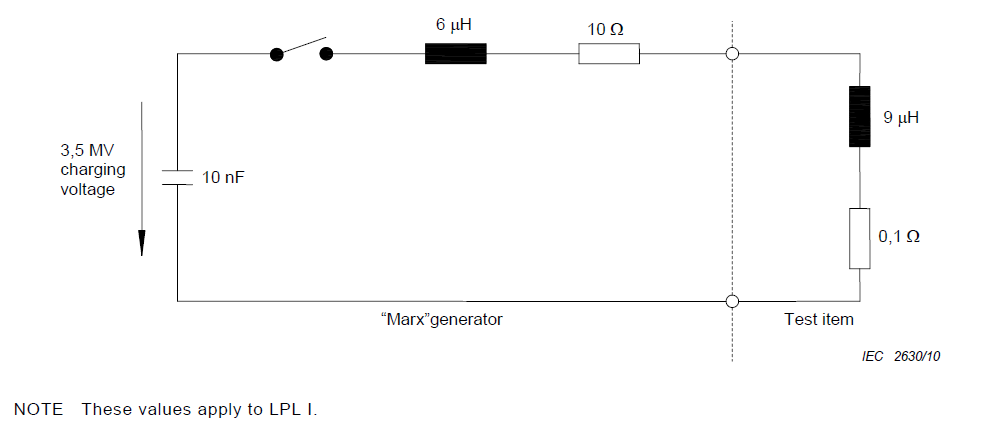


**Figure C.3 – Example test generator for the simulation of the front steepness of the positive impulse for large test items**



ТАЙЛБАР Эдгээр утга нь АХТ I-т хамаарна.

**Зураг C.4 -Том хэмжээний туршилтын эд ангиудын дараагийн сөрөг импульсийн огцом өсөх өсөлтын байдлыг загварчлах туршилтын үүсгүүрийн жишээ**



**Figure C.4 – Example test generator fot the simulation of the front steepness of the subsequent negative impulses for large test items**

|  |  |
| --- | --- |
| **Хавсралт D**  (нэмэлт мэдээлэл)  **АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэгт аянгын нөлөөллийг загварчлах туршилтын параметр**  **D.1 Ерөнхий мэдээлэл**  Хавсралт D нь лабораторид аянгын нөлөөг загварчлахад ашиглаж болох үндсэн параметрийг өгнө. Энэхүү хавсралтад аянгын цахилгаан гүйдлийн бүх буюу ихэнх хэсгийг хамарсан LPS-ийн бүх бүрэлдэхүүн хэсгийг багтаасан бөгөөд тодорхой бүрэлдэхүүн хэсэг тус бүрт туршилтын зааж өгсөн стандартын шаардлагын дагуу ашиглаж болно.  ТАЙЛБАР: Системийн хэтийн төлөвтэй холбоотой параметрийг (жишээ нь: хэт хүчдэл хамгаалалтын төхөөрөмжийг зохицуулах гэх мэт) энэ хавсралтад авч үзээгүй болно. D.2 Цахилалтын цэгтэй холбоотой гүйдлийн параметр АХС-ийн физик бүрэн бүтэн байдалд нөлөө үзүүлдэг аянгын гүйдлийн параметр нь ерөнхийдөө *I* гүйдлийн хамгийн их утга, цэнэг *Q*, бодит энерги *W / R*, үргэлжлэх хугацаа *T* ба гүйдлийн дундаж өсөлт *di/dt* юм. Параметр бүр нь доор нарийвчлан шинжилсний дагуу өөр өөр гэмтэл механизмд үүсгэх хандлагатай байдаг.Туршилтанд ашиглах гүйдлийн параметр нь эдгээр утгуудын хослол бөгөөд лабораторид АХС-ийн хэсгийн механизмын гэмтлийг тодорхойлоход хэрэглэгддэг.Чухал хэмжигдэхүүнүүдийг сонгох шалгуурыг D.5-р бүлэгт өгсөн болно.  Хүснэгт Г.1-д туршилтанд ашиглагдах I, *Q, W / R, T,* di / dt хэмжигдэхүүний хамгийн их утга, шаардлагатай хамгаалалтын түвшний функцыг харуулав. | **Annex D**  (informative)  **Test parameters simulating the effects of lightning on LPS components**   * 1. **General**   Annex D gives the basic parameters that may be used in a laboratory to simulate the effects of lightning. This annex covers all the components of an LPS subjected to all or a major part of the lightning current and may be used in conjunction with the standards specifying the requirements and the tests for each specific component.  NOTE Parameters relevant to system aspects (e.g. for the coordination of surge protective devices) are not considered in this annex   * 1. **Current parameters relevant to the point of strike**   The lightning current parameters playing a role in the physical integrity of an LPS are in general the peak current I, the charge *Q*, the specific energy *W/R*, the duration *T* and the average steepness of the current *di/dt*. Each parameter tends to dominate a different failure mechanism, as analysed in detail below. The current parameters to be considered for tests are combinations of these values, selected to represent in laboratory the actual failure mechanism of the part of the LPS being tested. The criteria for the selection of the outstanding quantities are given in Clause D.5.  Table D.1 records the maximum values of *I, Q, W/R, T* and *di/dt* to be considered for tests, as a function of the protection level required. |

###### **Хүснэгт D.1 - Өөр өөр АХС бүрэлдэхүүн хэсэгийн болон өөр өөр АХТ-ийн туршилтын утгыг тооцоолох аянгын аюултай параметрийн хураангуй**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Бүрэлдэхүүн хэсэг** | **Үндсэн**  **асуудал** | **Аянга аюултай параметр** | | | | | **Тайлбар** |
|  | хүлээн авах цэг дэх элэгдэл (жишээлбэл нимгэн төмөр хуудас) | АХТ | QLONG  C | T |  |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | S1 сек (хэрэглэнэ  Нэг буултын цэнэг QLONG |  |  |
| Аянга зайлуулагч, доош нь буулгах  дамжуулагч | Ом халаах | АХТ | W / R  kJ/Ом | T |  |  | IEC62305-3-аар хэмжигдсэн  туршилтыг хэт их хийх |
| I II  III-IV | 10 000  5 600  2 500 | *W/R*-ийг адиабатик тохиргоонд оруулна |  |  |
| Механик нөлөө | АХТ | *Ι*  кА | *W / R*  kJ/Ω |  |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | 10 000  5 600  2 500 |  |  |
| Бүрэлдэхүүн хэсэгийг холболт | Хосолсон эффектүүд  (дулаан, механик ба цахилгаан) | АХТ | Ι  кΑ | W / R  kJ/Ом | Τ |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | 10 000  5 600  2 500 | <2мс (IболонW / R-ийн нэг импульс хэрэглэнэ) |  |
| Газардуулах байгууламж | Хавсрах цэг дэх элэгдэл | АХТ | QLONG  C | T |  |  | Ихэвчлэн хэмждэг  механик / химийн аргаар тодорхойлно  талыг  (зэврэлт гэх мэт) |
| I II  III-IV | 200  150  100 | S1 сек (хэрэглэнэ  Нэг буултын цэнэг QLONG |  |  |
| ХХХТ-ийн  очны цоорхой агуулсан | Хосолсон эффектүүд  (дулаан, механик ба цахилгаан) | АХТ | I  кА | QSHORT  C | W / R  kJ/Ом | di/dt kA/μs | Дан импульсэд I,Qбогино,W/R хэрэглэнэ  (үргэлжлэх хугацаа)  Т<2 мс); хэрэглэнэ  Δi /Δt  тусдаа импульс |
| I II  III-IV | 200  150  100 | 100  75  50 | 10 000  5 600  2 500 | 200  150  100 |
| ХХХТ-ийн  металлын исэл агуулсан  эсэргүүцлийн блокууд | Энергийн нөлөө  (хэт их ачаалал) | АХТ | QSHORT  C |  |  |  | Аль аль талыг нь шалгах хэрэгтэй.        Тусдаа шинжилгээ хийх боломжтой  гэж үзсэн |
| I II  III-IV | 100  75  50 |  |  |  |
| Диэлектрик нөлөө  (хагарах / эдврэх) | АХТ | I  кА | T |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | <2 мс  (I-ийн нэг импульс хэрэглэнэ) |  |  |

**Table D.1 – Summary of the lightning threat parameters to be considered in the calculation of the test values for the different LPS components and for the different LPL**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Component** | **Main**  **problem** | **Lightning threat parameters** | | | | | **Notes** |
| Air-termination | Erosion at attachment point (e.g. thin metal sheets) | LPL | QLONG  C | T |  |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | <1 s (apply  QLONG in a single shot) |  |  |
| Air-termination and down-  conductor | Ohmic heating | LPL | W/R  kJ/Ω | T |  |  | Dimensioning with IEC 62305-3  render testing superfluous |
| I II  III-IV | 10 000  5 600  2 500 | Apply W/R in an adiabatic configuration |  |  |
| Mechanical effects | LPL | Ι  kA | W/R  kJ/Ω |  |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | 10 000  5 600  2 500 |  |  |
| Connecting components | Combined effects  (thermal, mechanical and arcing) | LPL | Ι  kΑ | W/R  kJ/Ω | Τ |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | 10 000  5 600  2 500 | <2 ms (apply I and W/R in a single pulse) |  |
| Earth-  terminations | Erosion at attachment point | LPL | QLONG  C | T |  |  | Dimensioning usually  determined by mechanical / chemical  aspects  (corrosion etc.) |
| I II  III-IV | 200  150  100 | Ь1 s (apply  QLONG in a single shot) |  |  |
| SPDs  containing spark gaps | Combined effects  (thermal, mechanical and arcing) | LPL | I  kA | QSHORT  C | W/R  kJ/Ω | di/dt kA/μs | Apply I, QSHORT,  and W/R in a  single pulse (duration  T<2 ms); apply  Δi/Δt in a  separate pulse |
| I II  III-IV | 200  150  100 | 100  75  50 | 10 000  5 600  2 500 | 200  150  100 |
| SPDs  containing metal-oxide  resistor blocks | Energy effects  (overload) | LPL | QSHORT  C |  |  |  | Both aspects need to be checked.  Separate tests can be  considered |
| I II  III-IV | 100  75  50 |  |  |  |
| Dielectric effect  (flashover/ cracking) | LPL | I  kA | T |  |  |
| I II  III-IV | 200  150  100 | <2 ms  (apply I in a single pulse) |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **D.3 Гүйдлийн тархалт**  Хүснэгт D.1-д өгөгдсөн үзүүлэлтүүд нь цахилалт өгөх цэг дэх аянгын гүйдэлтэй хамааралтай байна. Үнэндээ гүйдэл нь хэд хэдэн замаар дамжин гүйж газарлуу тархдаг, АХТ-д хувьд хэд хэдэн гүйдэл дамжуулах зориулалт бүхий дамжуулагчаас гадна байгалийн гүйдэл дамжуулах дамжуулагчууд байх нь бий. Нэмж хэлэхэд, байгалийн дамжуулагчид ихэвчлэн хамгаалагдсан бүтэц (ус, хийн хоолой, цахилгаан, холбооны шугам гэх мэт) -үүд ордог. АХТ-ийн тодорхой бүрэлдэхүүн хэсэгийн идвэхтэй гүйдлийн урсгалын параметрийг тодорхойлохын тулд гүйдлийн тархалтыг харгалзан үзэх шаардлагатай. АХТ-ийн тодорхой байршил дахь бүрэлдэхүүн хэсгийн гүйдлийн далайц, хэлбэрийг үнэлэх нь зүйтэй. Салангид байдлаар тодорхойлолт хийх боломжгүй тохиолдолд гүйдлийн параметрийг дараах журмаар тодорхойлох боломжтой  Гадаад АХТ дахь гүйдлийн тархалтыг тооцоолоход хувьд тохируулгын коэффициент kc (Хавсралт С-с IEC 62305-3: 2010-ийг үзнэ үү) -ийг авч болно.  Энэ хүчин зүйл нь хамгийн хүнд нөхцөлд гадаад АХТ-ийн дамжуулагчаар гүйх аянгын гүйдлийн эзлэх хувийг тооцоолох боломжийг олгодог.  Хамгаалагдсан байгууламжтай холбогдсон гадны цахилгаан ба холбооны шугамын дамжуулагч хэсэг байгаа тохиолдолд гүйдлийн тархацыг тодорхойлохын тулд Е хавсралтад харуулсан ke ба k'e-ийн ойролцоо утгыг авч болно.  Газарлуу нэг тодорхой замаар урсаж байгаа гүйдлийн хамгийн оргил утгыг тодорхойлоход дээр дурдсан аргачлалыг ашиглана. Гүйдлийн бусад параметрийн тооцоог дараах байдлаар гүйцэтгэнэ.  *lp = k ˟ l (D.1)*  *Qp = k ˟ Q (D.2)*  *(W / R)p = k2 ˟ (W / R) (D.3)*  *(D.4)*  Үүнд  xp - газарлуу тодорхой замаар холбоотой гэж үзсэн хэмжигдэхүүний (гүйдлийн хамгийн их утга Ip, цэнэг Qp, бодит энерги (W / R) p, гүйдлийн эгц босоо байдал (di / dt) p) утга "p" байна  x - нийт аянгын гүйдэлтэй холбоотой гэж үзсэн хэмжигдэхүүний утга (гүйдлийн хамгийн их утга I, цэнэг Q, бодит энерги (W / R), гүйдлийн эгц босоо байдал (di / dt)),  к- гүйдлийн тархалтын коэфцент  -             kc     гадаад АХС-ийн хувьд (Хавсралт В-с IEC 62305-3: 2010 үзнэ үү);  -         ke, k'e нь гадны дамжуулагч хийц ба хамгаалагдсан байгууламж руу ордог цахилгаан болон холбооны шугам (хавсралт E-г үзнэ үү). D.4                Аянгын цахилгаан гүйдлийн гэмтэл учруулж болзошгүй нөхцлүүдD.4.1 Дулааны нөлөө Аянгын гүйдэлтэй холбоотой дулааны эффект нь дамжуулагчийн эсэргүүцэл эсвэл АХС-ээр дамжин урсдаг цахилгаан гүйдлийн урсгалын улмаас үүссэн эсэргүүцлээс үүдэлтэй халалттай холбоотой. Дулааны эффект нь нум үүсэхэд оролцдог АХС-ийн хүлээн авагч цэг ба бүх тусгаарлагдсан хэсэгт нумнаас үүдэлтэй үүссэн дулаан бас хамаардаг (жишээ нь цэнэг шавхагч). | * 1. **Current sharing**   The parameters given in the Table D.1 are relevant to the lightning current at the point of strike. In fact, the current flows to earth through more than one path, as several down- conductors and natural conductors are normally present in an external LPS. Additionally, different lines normally enter the protected structure (water and gas pipes, power and telecommunication lines, etc.). For the determination of the parameters of the actual current flowing in specific components of an LPS, the sharing of the current has to be taken into account. Preferably, current amplitude and shape through a component at a specific location of the LPS should be evaluated. Where an individual evaluation is not possible, the current parameters may be assessed by means of the following procedures.  For the evaluation of the current sharing within the external LPS, the configuration factor kc  (see Annex C of IEC 62305-3:2010) may be adopted. This factor provides an estimate of the  share of the lightning current flowing in down-conductors of the external LPS under worst-case conditions.  For the evaluation of the current sharing in presence of external conductive parts and power and telecommunication lines connected to the protected structure, the approximate values of ke and k’e considered in Annex E may be adopted.  The above-described approach is applicable for the evaluation of the peak value of the current flowing in one particular path to earth. The calculation of the other parameters of the current is carried out as follows:  *lp = k ˟ l (D.1)*  *Qp = k ˟ Q (D.2)*  *(W / R)p = k2 ˟ (W / R) (D.3)*  *(D.4)*  where  xp is the value of the quantity considered (peak current Ip, charge Qp, specific energy (W/R)p, current steepness (di/dt)p) relevant to a particular path to earth "p";  x is the value of the quantity considered (peak current I, charge Q, specific energy (W/R), current steepness (di/dt)) relevant to the total lightning current;  k is the current sharing factor:  - kc for external LPS (see Annex C of IEC 62305-3:2010);  - ke, k’e in the presence of external conductive parts and power and telecommunication lines entering the protected structure (see Annex E). D.4 Effects of lightning current causing possible damage **D.4.1 Thermal effects**  Thermal effects linked with lightning current are relevant to the resistive heating caused by the circulation of an electric current flowing through the resistance of a conductor or into an LPS. Thermal effects are also relevant to the heat generated in the root of the arcs at the attachment point and in all the isolated parts of an LPS involved in arc development (e.g., spark gaps). |
| **D.4.1.1 Эсэргүүцлээс үүдэлтэй халалт**  Эсэргүүцлээс үүдэлтэй халалт нь АХС-ийн аль ч хэсэгт явагддаг ба аянгын гүйдлийн чухал хэсэг юм. Цахилгаан дамжуулагчийн хамгийн бага хөндлөн огтлол нь дамжуулагчийг хэт халалтаас урьдчилан сэргийлсэн, хүрээлэн буй орчны галын аюулгүйн түвшинг хангахаар байх ёстой. D.4.1-т авч үзсэн дулааны нөхцлүүдээс гадна цаг уурын нөхцөл ба / эсвэл зэврэлтэнд өртсөн хэсэгийн механик тэсвэртэй байдал, бат бөх байдлын шалгуурыг харгалзан үзэх шаардлагатай. Аянгын гүйдлийн урсгалын улмаас үүсэх дамжуулагчийн халалтыг хүнийг гэмтэл, гал түймэр, дэлбэрэлт үүсэх зэрэг нөхцөлүүдээс шалтгаалан тодорхойлох шаардлагатай.  Аянга гүйдлийн урсгалд өртсөн дамжуулагчийн температурын өсөлтийг тодорхойлох зааврыг доор өгөв.  Шинжилгээний аргыг дараах байдлаар үзүүлэв.  Цахилгаан гүйдлийн улмаас дамжуулагч дахь дулааны ялгаруулсан агшин зуурын чадлыг дараах байдлаар илэрхийлнэ.  P(t) = i 2(t)×R (D.5)  Аянгын импульсээс үүссэн нийт дулааны энергийг АХС-ийн хэсэг тус бүрийн эсэргүүцэл дээр үүссэн бодид энергүүдийн нийлбэрээр тодорхойлно. Энэхүү дулааны энерги нь Жоуль (J) эсвэл Ваттсекунд (W × s) нэгжээр илэрхийлэгдэнэ.  W=R x ∫i2 (t)xdt (D.6)  Аянга шавхагдах үед аянгын цахилалтын үүсгэсэн их хэмжээний энерги нь байгууламжийн хэсэгт маш хурдан тархдаг. Тиймээс энэ үзэгдлийг адиабат гэж үзэх нь зүйтэй.  АХС-ийн дамжуулагчийн температурыг дараах байдлаар тодорхойлж болно.  *θ – θ0* = (D.7)  Тооцоонд агуулсан физик параметрийн шинж чанарын утга (Г.7), АХТ-д ашигласан өөр өөр материалын талаар Хүснэгт D.2-т бичигдсэн. Үүнд:  *θ-θ0* дамжуулагчийнтемпературынөсөлт(К);  α               эсэргүүцлийн температурын коэффициент  W / R гүйдлийн импульсийн бодит энерги  P0 орчны температур дахь дамжуулагчийн идэвхтэй эсэргүүцэл юм (Ом m);  Q дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын талбай (м2);  γ               материал нягт (кг / м3);  Сэ  дулааны хэмжээ (J / кгК);  Сs хайлах дулаан (Ж / кг);  θs хайлах температур (° C) | **D.4.1.1 Resistive heating**  Resistive heating takes place in any component of an LPS carrying a significant part of the lightning current. The minimum cross-sectional area of conductors must be sufficient to prevent overheating of the conductors to a level that would present a fire hazard to the surroundings. Despite the thermal aspects discussed in D.4.1, the mechanical withstands and durability criteria have to be considered for parts exposed to atmospheric conditions and/or corrosion. The evaluation of conductor heating due to lightning current flow is sometimes necessary when problems can arise because of the risk of personal injury and of fire or explosion damages.  Guidance is given below to evaluate the temperature rise of conductors subjected to the flow of a lightning current.  An analytical approach is presented as follows:  The instantaneous power dissipated as heat in a conductor due to an electrical current is expressed as:  P(t) = i 2 (t) × R (D.5)  The thermal energy generated by the complete lightning pulse is therefore the ohmic resistance of the lightning path through the LPS component considered, multiplied by the specific energy of the pulse. This thermal energy is expressed in units of Joules (J) or Wattseconds (W×s).  W=R x ∫i2 (t)xdt (D.6)  In a lightning discharge, the high specific energy phases of the lightning flash are too short in duration for any heat generated in the structure to be dispersed significantly. The phenomenon is therefore to be considered adiabatic.  The temperature of the conductors of the LPS can be evaluated as follows:  *θ – θ0* = (D.7)  Characteristic values of the physical parameters reported in Equation (D.7), for different materials used in the LPS are recorder in Table D.2 where  *θ-θ0* is the temperature rise of the conductors (K);  α is the temperature coefficient of the resistance (1/K);  W/R is the specific energy of the current impulse (J/Ω);  P0 is the specific ohmic resistance of the conductor at ambient temperature (Ωm);  q is the cross-sectional area of the conductor (m2);  γ is the material density (kg/m3);  Cw is the thermal capacity (J/kgK);  Cs is the latent heat of melting (J/kg);  θs is the melting temperature (°C). |

**Хүснэгт D.2 - АХТ бүрэлдэхүүн хэсэгт ашиглагддаг ердийн материалын физик шинж чанар**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тоо хэмжээ | Материал | | | |
| Хөнгөн цагаан | Зөөлөн ган | Зэс | Зэвэрдэггүй ган |
| ρ0(Ωm) | 29 ×10–9 | 120 ×10–9 | 17,8 ×10–9 | 700 ×10–9 |
| α(1/K) | 4,0 ×10–3 | 6,5 ×10–3 | 3,92 ×10–3 | 0,8 ×10–3 |
| γ(kg/m3) | 2 700 | 7 700 | 8 920 | 8 000 |
| θs (°C) | 658 | 1 530 | 1 080 | 1 500 |
| Cs (J/kg) | 397×103 | 272×103 | 209×103 | - |
| Cw (J/kgK) | 908 | 469 | 385 | 500 |
| Зэвэрдэггүй соронзон бус | | | | |

**Table D.2 – Physical characteristics of typical materials used in LPS components**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Quantity | Material | | | |
| **Aluminium** | **Mild steel** | **Copper** | **Stainless steel**a |
| ρ0(Ωm) | 29 ×10–9 | 120 ×10–9 | 17,8 ×10–9 | 700 ×10–9 |
| α(1/K) | 4,0 ×10–3 | 6,5 ×10–3 | 3,92 ×10–3 | 0,8 ×10–3 |
| γ(kg/m3) | 2 700 | 7 700 | 8 920 | 8 000 |
| θs (°C) | 658 | 1 530 | 1 080 | 1 500 |
| Cs (J/kg) | 397×103 | 272×103 | 209×103 | - |
| Cw (J/kgK) | 908 | 469 | 385 | 500 |
| a Austenitic non-magnetic. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Хүснэгт D.3-т тэгшитгэлийг ашиглах жишээ болгон W / R ба дамжуулагчийн хөндлөн огтлолоороо өөр өөр дамжуулагчийн температурын өсөлтийг харуулав. | Table D.3 reports, as an example of application of this equation, the temperature rise of conductors made of different materials, as a function of the W/R and of the conductor cross- sectional area. |

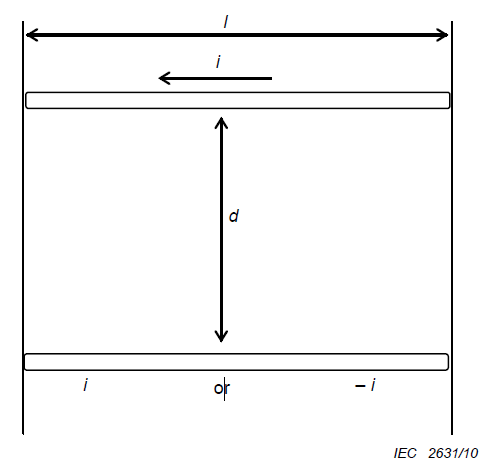
###### **Хүснэгт D.3 - W / R-ийн үүрэг гүйцэтгэдэг янз бүрийн хэсгийн дамжуулагчийн температурын өсөлт**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хөндлөн огтлол мм2** | **Материал** | | | | | | | | | | | |
| **Хөнгөн цагаан** | | | **Зөөлөн ган** | | | **Зэс** | | | **Зэвэрдэггүй ган** | | |
| **W / R**  **MJ/Ω** | | | **W / R**  **MJ/Ω** | | | **W / R**  **MJ/Ω** | | | **W / R**  **MJ/Ω** | | |
| 2.5 | 5,6 | 10 | 2.5 | 5,6 | 10 | 2.5 | 5,6 | 10 | 2.5 | 5,6 | 10 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 564 | - | - | - | - | - | 169 | 542 | - | - | - | - |
| 16 | 146 | 454 | - | 1 120 | - | - | 56 | 143 | 309 | - | - | - |
| 25 | 52 | 132 | 283 | 211 | 913 | - | 22 | 51 | 98 | 940 | - | - |
| 50 | 12 | 28 | 52 | 37 | 96 | 211 | 5 | 12 | 22 | 190 | 460 | 940 |
| 100 | 3 | 7 | 12 | 9 | 20 | 37 | 1 | 3 | 5 | 45 | 100 | 190 |
| Зэвэрдэггүй соронзон бус | | | | | | | | | | | | |

**Table D.3 – Temperature rise for conductors of different sections as a function of *W/R***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cross- section mm2** | **Material** | | | | | | | | | | | |
| **Aluminium** | | | **Mild steel** | | | **Copper** | | | **Stainless steela** | | |
| **W / R**  **MJ/Ω** | | | **W / R**  **MJ/Ω** | | | **W / R**  **MJ/Ω** | | | **W / R**  **MJ/Ω** | | |
| 2,5 | 5,6 | 10 | 2,5 | 5,6 | 10 | 2,5 | 5,6 | 10 | 2,5 | 5,6 | 10 |
| 4 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 10 | 564 | – | – | – | – | – | 169 | 542 | – | – | – | – |
| 16 | 146 | 454 | – | 1 120 | – | – | 56 | 143 | 309 | – | – | – |
| 25 | 52 | 132 | 283 | 211 | 913 | – | 22 | 51 | 98 | 940 | – | – |
| 50 | 12 | 28 | 52 | 37 | 96 | 211 | 5 | 12 | 22 | 190 | 460 | 940 |
| 100 | 3 | 7 | 12 | 9 | 20 | 37 | 1 | 3 | 5 | 45 | 100 | 190 |
| a Austenitic non-magnetic. | | | | | | | | | | | | |

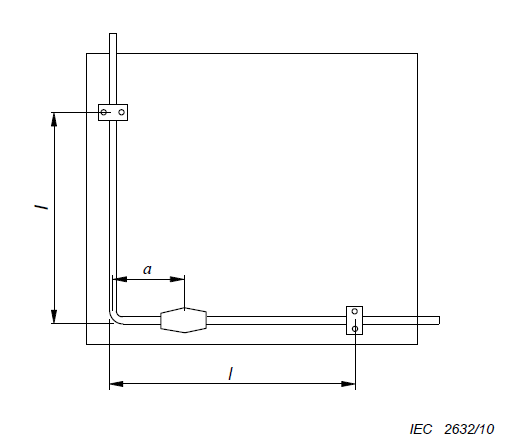
|  |  |
| --- | --- |
| Ердийн аянгын цахилалт нь богино хугацааны цахилалт (100 мкс-ээс-цөөн хагас утга хүртэлх хугацаа), өндөр гүйдлийн хамгийн их утгаар тодорхойлогддог.Энэ нөхцөлд гүйдэл дамжуулагчийн гадна хэсгээр гүйдэг үзэгдлийг анхаарч үзэх хэрэгтэй.Гэсэн хэдий ч практикт ихэнх тохиолдолд АХС бүрэлдэхүүн хэсэгтэй холбоотой материалын шинж чанар (АХС дамжуулагчийн динамик соронзон нэвчилт), холболтын геометр хэлбэр (АХС дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын хэмжээ) зэрэг нь дамжуулагчийн температурын өсөлтөд үзүүлэх дээрх эффектийн нөлөөг үл мэдэгдэх түвшин хүртэл бууруулдаг.  Механизмын халалтад хамгийн их хамааралтай аянгын цахилалтын бүрэлдэхүүн хэсэг нь анхны гэдрэг цахилалт юм.  **D.4.1.2 Хүлээн авагч цэгийн дулааны гэмтэл**  Хүлээн авах цэг дээр материал хайлж, элэгдэл үүсч болно. Үнэн хэрэгтээ, нуман үүссэн хэсэт их хэмжээний дулааны үүсч, мөн гүйдлийн нягтрал их байгаагаас шалтгаалан идэвхтэй халаалтын концентраци бий болдог. Дулааны энергийн ихэнх хувь металлын гадаргуу дээр эсвэл ойр орчимд тархана. Дулааны хэмжээ нь метал дахь дамжуулалтаар шингэж болох дулаанаас хэтрэх үед илүүдэл нь металлыг хайлуулах буюу цацраг туяа үүсгэн ойр орчим тархаж алдагддаг. Процессийн ноцтой байдал нь гүйдлийн далайц ба үргэлжлэх хугацаатай холбоотой.  **D.4.1.2.1 Ерөнхий зүйл**  Аянгын сувгийн хүлээн авах цэг дээрх метал гадаргуун дулааны эффектийг тооцоолох онолын хэд хэдэн загвар боловсруулсан. Энгийнээр тайлбарлавал энэ стандарт нь зөвхөн анод эсвэл катодын хүчдэлийн уналтын загварыг мэдээлэх болно. Энэ загварт нимгэн гадаргуутай металл ашиглавал илүү үр дүнтэй байдаг. Бүх тохиолдолд аянгын хүлээн авах цэг дэх бүх энерги нь дамжуулагч материалыг хайлуулж, ууршуулахад зарцуулагдах бөгөөд энэ нь металл доторх дулааны тархалтыг үл харгалзан явагддаг. Бусад загварууд нь аянгын хүлээн авагч цэгийн эвдрэлийг гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацааны хамаарлаар харуулдаг.  **D.4.1.2.2 Анод эсвэл катодын хүчдэл уналтын загвар**  Нумнаас үүдэлтэй энергийн утга W-г загварчлахдаа аянгын гүйдлийн цэнэг Q-г анод / катодын хүчдлийн уналтаар ua, c үржүүлж олно.  W = (D.8)  Энд дурдсан аянгын гүйдлийн Ua,c нь хязгаар нь нэлээд тогтмол байдаг тул аянгын гүйдлийн цэнэг (Q) нь нумнаас үүдэлтэй энергийн хувиргалтанд гол нөлөөг үзүүлдэг.  Анод эсвэл катодын хүчдэлийн уналтua, cнь хэдэн арван вольтын утгатай тэнцэнэ.  Хялбаршуулсан арга нь нумны үндэс дээр үүссэн бүх энерги зөвхөн хайлалтанд зарцуулагддаг гэж үздэг. Тэгшитгэл (D.9) нь энэхүү ойлголтыг ашигладаг боловч хайлалтын хэмжээг хэт өндөр дүнтэй болгодог.  V=  Үүнд  V - хайлсан металлын хэмжээ (м3);  ua, c - анод эсвэл катодын хүчдэлийн уналт (тогтмол гэж тооцогддог) (V);  Q - аянгын гүйдлийн цэнэг(C);  γ   -  материалын нягт (кг / м3);  Cw - дулааны тоо хэмжээ (J / kgK);  θσ -хайлахтемператур (° C);  θu - орчны температур (° C);  Cs - хайлалтын нуугдмал дулаан (J / кг) юм.  АХС-д ашигладаг өөр өөр материалын дээрх томъёонд өгөгдсөн физик үзүүлэлтүүдийн шинж чанарыг хүснэгт D.2-т тэмдэглэв.  Үндсэндээ авч үзэх ёстой цэнэг нь гэдрэг цахилалт ба аянгын үргэлжилсэн гүйдлийн цэнэгийн нийлбэр юм. Лабораторийн туршилтаар үргэлжилсэн гүйдлийн цэнэгийн нөлөөтэй харьцуулахад гэдрэг цахилалтын цэнэгийн нөлөө бага ач холбогдолтой болохыг олж тогтоосон.  **D.4.2 Механик нөлөө**  Аянга гүйдлийн улмаас үүдэлтэй механик нөлөө нь гүйдлийн далайц болон хугацаанаас түүнчлэн өртсөн механик бүтэц, түүний уян хатан шинж чанараас хамаарна. Механик нөлөөлөл нь АХС-ийн хэсэг хоорондоо холбогддог хэсгийн үрэлтийн хүчнээс хамаардаг.  **D.4.2.1 Соронзон харилцан үйлчлэл**  Соронзон хүч нь хоёр гүйдэл дамжуулагч хооронд эсвэл зөвхөн нэг дамжуулагч бол тодорхой муж эсвэл гогцоо байдлаар үүсгэдэг.  Гүйдэл нь хэлхээгээр дамжин гүйх үед хэлхээний янз бүрийн байрлалд үүссэн электродинамик хүчний далайц нь аянгын гүйдлийн далайц болон хэлхээний холболтын геометер хэлбэрээс хамаарна. Эдгээр хүчний механик нөлөөлөл нь зөвхөн тэдгээрийн далайцаас гадна гүйдлийн ерөнхий хэлбэр, түүний үргэлжлэх хугацаа, суурилуулалтын геометрийн хэлбэрээс хамаарна.  **D.4.2.1.1 Электродинамик хүч**  Урт параллель огтлолтой дамжуулагчаар урсаж буй гүйдэл, i-ээр үүсгэгдсэн электродинамик хүчийг ойролцоогоор Зураг D.1-т заасны дагуу урт l ба зай d (урт ба жижиг зангилаа)-аар тооцоолж болно.  F(t)= (D.10)  Үүнд  F (*t*) - электродинамик хүч (N);  *i* -гүйдэл (А);  **o - чөлөөт орон зайн соронзон нэвтрүүлэх чадвар (вакуум) р (4π × 10 - 7H / м) байна;  *l* -дамжуулагчийн урт(м);  *d*  -параллель дамжуулагчуудын хоорондын зай (м). | The typical lightning stroke is characterized by a short duration stroke (time to half value of a few 100 s) and high current peak value. Under these circumstances, the skin effect should also be taken into consideration. However, in most of the practical cases linked with LPS components, the material characteristics (dynamic magnetic permeability of the LPS conductor) and the geometrical configurations (cross-sectional area of the LPS conductor) reduce the contribution of the skin effect to the temperature rise of the conductor to negligible levels.  The component of the lightning flash most relevant to this heating mechanism is the first return stroke.  **D.4.1.2 Attachment point thermal damage**  Attachment point thermal damage can be observed on all components of an LPS on which an arc development takes place, i.e. air-termination systems, spark gaps, etc.  Material melting and erosion can occur at the attachment point. In fact, in the arc root area there is a large thermal input from the arc root itself, as well as a concentration of ohmic heating due to the high current densities. Most of the thermal energy is generated at or very close to the surface of the metal. The heat generated in the immediate root area is in excess of that which can be absorbed into the metal by conduction and the excess is irradiated or lost in melting or vaporizing of metal. The severity of the process is linked to the current amplitude and to the duration.  **D.4.1.2.1 General**  Several theoretical models have been developed for the calculation of thermal effects on metal surfaces at the attachment point of a lightning channel. For sake of simplicity, this standard will report only the anode-or-cathode voltage drop model. The application of this model is particularly effective for thin metal skins. In all cases, it gives conservative results as it postulates that all the energy injected in the lightning attachment point is used to melt or vaporize conductor material, neglecting the heat diffusion within the metal. Other models introduce the dependence of the lightning attachment point damage on the duration of the current impulse.  **D.4.1.2.2 Anode-or-cathode voltage drop model**  The energy input W at the arc root is assumed as given by the anode/cathode voltage drop ua,c  multiplied by the charge Q of the lightning current:  W = (D.8)  As ua,c is fairly constant in the current range considered here, the charge of the lightning current (Q) is primarily responsible for the energy conversion in the arc root.  The anode-or-cathode voltage drop ua,c has a value of a few tens of volts.  A simplified approach assumes that all of the energy developed at the arc root is used only for melting. Equation (D.9) uses this assumption but leads to an overestimate of the melted volume.  V=  where  V is the volume of metal melted (m3);  ua,c is the anode-or-cathode voltage drop (assumed as constant) (V);  Q is the charge of the lightning current (C);  γ is the material density (kg/m3);  Cw is the thermal capacity (J/kgK);  θσ is the melting temperature (°C);  θu is the ambient temperature (°C);  Cs is the latent heat of melting (J/kg).  Characteristic values of the physical parameters reported in this equation, for different materials used in an LPS, are recorded in Table D.2.  Basically, the charge to be considered is the sum of the charge of the return stroke and the lightning continuing current. Laboratory experience has revealed that the effects of the return stroke charge are of minor importance when compared to the effects of the continuing current.  **D.4.2 Mechanical effects**  Mechanical effects caused by the lightning current depend on the amplitude and the duration of the current as well as on the elastic characteristics of the affected mechanical structure. Mechanical effects also depend on the friction forces acting between parts of the LPS in contact with one another, where relevant.  **D.4.2.1 Magnetic interaction**  Magnetic forces occur between two current-carrying conductors or, if only one current-carrying conductor exists, where it forms a corner or a loop.  When a current flows through a circuit, the amplitude of the electrodynamic forces developed at the various positions of the circuit depend on both the amplitude of the lightning current and the geometrical configuration of the circuit. The mechanical effect of these forces, however, depends not only on their amplitude but also on the general form of the current, its duration, as well as on the geometrical configuration of the installation.  **D.4.2.1.1 Electrodynamic forces**  Electrodynamic forces developed by a current, i, flowing in a conductor having long parallel sections of length l and distance d (long and small loop), as shown in Figure D.1, can be approximately calculated using the following equation:  F(t)= (D.10)  Where  F (*t*) is the electrodynamic force (N);  *i* is the current (A);  **o is the magnetic permeability of free space (vacuum) (4  10–7 H/m);  *l* is the length of conductors (m);  *d* is the distance between the straight parallel sections of the conductor (m). |



**Зураг D.1 - Электродинамик хүчийг тооцоолох хоёр дамжуулагчийн ерөнхий байршлын бүдүүвч**

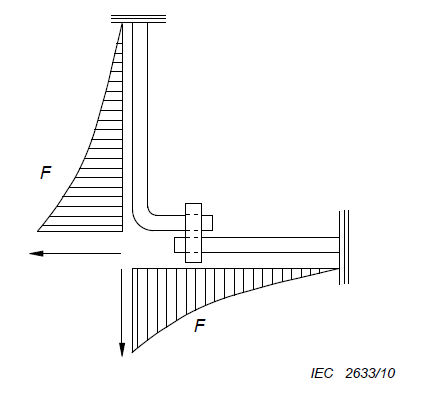
**Figure D.1 – General arrangement of two conductors for the calculation of electrodynamic force**

|  |  |
| --- | --- |
| Зураг D.2-т АХС-ийн жишээ нь 90°-ийн өнцөгтэй тэгш өнцөгт үүсгэсэн дамжуулагчийн байршлын бүдүүвч үзүүлсэн байна. Энэ холболтын нөлөөллийн диаграммыг Зураг D.3-т үзүүлэв. Хэвтээ дамжуулагч дээрх тэнхлэгийн хүч нь дамжуулагчийг бэхлэгчээс татах хандлагатай байдаг 100 кА-ийн гүйдлийн хамгийн их утга ба 0.5 м-ийн босоо дамжуулагчийн уртыг харгалзан хэвтээ дамжуулагчийн дагуух хүчний тоон утгыг Зураг D.4-т үзүүлэв. | In an LPS an example is given by a symmetric corner arrangement of conductors, forming an angle of 90°, with a clamp positioned in the vicinity of the corner as shown in Figure D.2. The diagram of the stresses for this configuration is reported in Figure D.3. The axial force on the horizontal conductor tends to pull the conductor out of the clamp. The numerical value of the force along the horizontal conductor, considering a peak current value of 100 kA and a length of a vertical conductor of 0,5 m, is shown in Figure D.4. |



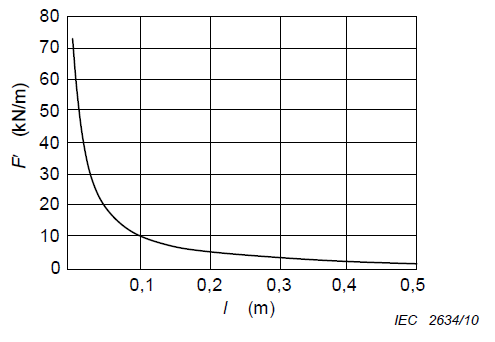
**Зураг D.2 - АХТ дахь ердийн дамжуулагчийн байршлын бүдүүвч**

**Figure D.2 – Typical conductor arrangement in an LPS**



**Зураг D.3 - Зураг D.2-т холбосон хэлбэрээс хамаарсан F нөлөөллийн диаграмм**

**Figure D.3 – Diagram of the stresses F for the configuration of Figure D.2**



ТАЙЛБАР: Гүйдлийн хамгийн их утга 100 кА, босоо дамжуулагчийн урт нь 0.5 м.

NOTE The peak current value is 100 kA and the length of the vertical conductor is 0,5 m.

**Зураг D.4 - Зураг D.2-т харуулсан хэвтээ дамжуулагчийн нэгж уртын дагуух хүч F**

**Figure D.4 – Force per unit length F’ along the horizontal conductor of Figure D.2**

|  |  |
| --- | --- |
| **D.4.2.1.2 Электродинамк хүчний нөлөө**  Үүссэн электродинамик хүчний далайцын утга, агшин зуурын утга F (t) нь агшин зуурын гүйдлийн i (t)2-ийн квадраттай пропорциональ байна.  АХС-ийн механик бүтцэд нөлөөлөх нөхцөл байдлын илэрхийлэхдээ АХС-ийн бүтцийн уян харимхайн тогтмол k ба уян харимхайн хэв гажилт δ(t) гэсэн хоёр нөлөөг анхаарч үзэх хэрэгтэй. Байгалийн механик давтамж (АХС-ийн бүтцийн уян хатан шинж чанартай холбоотой) ба АХС-ийн бүтцийн байнгын хэв гажилт (түүний уян чанартай холбоотой) нь хамгийн чухал үзүүлэлт юм. Түүнээс гадна олон тохиолдолд бүтэц доторх үрэлтийн хүчний нөлөө бас чухал ач холбогдолтой байна.  АХС-ийн уян бүтцэд аянгын гүйдлийн үүсгэсэн электродинамик хүчнээс үүдэлтэй чичирхийллийн далайцыг хоёрдугаар дарааллын дифференциал тэгшитгэлүүдээр тооцоолох боломжтой; гол хүчин зүйл нь гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацаа ба АХС-ийн бүтцийн байгалийн механик хэлбэлзлийн үе хоорондын харьцаа юм.АХС хэрэглэгддэг хэрэглүүрүүдэд тохиолддог бүтцийн байгалийн хэлбэлзлийн үеүүд нь үүссэн хүчээс (аянгын гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацаа) илүү удаан үргэлжилдэг .Энэ тохиолдолд хамгийн их механик нөлөө нь гүйдлийн импульс зогссоны дараа тохиолддог бөгөөд үүссэн хүчнээс бага хэвээр байх хамгийн их утгатай утгатай байдаг. Ихэнх тохиолдолд хамгийн их механик нөлөөг тооцдогүй.  Суналтын нөлөө нь материалын уян харимхай хязгаараас давсан тохиолдолд уян хатан байдалд деформаци үүсдэг. Хэрэв АХС-ийн бүтцийг бүрдүүлэх материал нь зөөлөн, жишээлбэл хөнгөн цагаан эсвэл цайруулсан зэс байвал электродинамик хүч нь дамжуулагчийн булан ба гогцоог деформацид оруулж болно. Тиймээс АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэг нь эдгээр хүчийг тэсвэрлэх болон уян хатан шинж чанартай байх ёстой.  АХТ-ийн бүтцэд үүссэн нийт механик нөлөө нь үүссэн хүчний цаг хугацааны интегралаас хамаарч гүйдлийн импульстэй холбоотой тодорхой энергиээс хамаарна. Энэ нь гүйдлийн импульсийн хэлбэр, түүний үргэлжлэх хугацаанаас хамаарна (бүтэц байгалийн хэлбэлзлийн үетэй харьцуулахад). Эдгээр бүгд нөлөөлөх үзүүлэлт учраас туршилтын явцад харгалзан үзэх ёстой.  **D.4.2.2 Доргилтын дуу чимээ долгионы хор уршиг**  Аянгын цахилгаан гүйдлийн улмаас нум үүссэн тохиолдолд доргилтын долгион үүсдэг. Доргилтын ноцтой байдал нь гүйдлийн хамгийн их утга ба гүйдлийн өсөлтын түвшингээс хамаарна.  Ерөнхийдөө доргилтын дуу чимээний долгионы улмаас АХС-ийн метал хэсэгт үүсэх хор хөнөөл бага боловч ойр орчмын зүйлүүдэд гэмтэл учруулж болзошгүй юм.  **D.4.3 Хосолсон нөлөө**  Практикт дулааны болон механик нөлөө хоёулаа нэгэн зэрэг явагддаг. Хэрэв зарим эд ангиудын материалыг (саваа, тогтоогч гэх мэт) халаах үед материалыг зөөлрүүлэхэд нөлөөг л үзүүлдэг бол бусад материалд хамаагүй их хохирол учруулж болно. Хүндэрсэн тохиолдолд дамжуулагч нь дэлбэрч, эргэн тойрны бүтцэд ихээхэн хохирол учруулж болзошгүй юм. Хэрэв металлын хөндлөн огтлол нь процессын үед аянга зайлуулалтыг найдвартай гүйцэтгэхээр бол зөвхөн механик бүрэн бүтэн байдлыг шалгах шаардлагатай.  **D.4.4                 Оч үүсэх**  Оч үүсэх нь ерөнхийдөө зөвхөн шатамхай орчинд эсвэл шатамхай материал байгаа тохиолдолд л чухал юм. Ихэнх практик тохиолдолд АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэгийн хувьд оч үүсэх нь чухал биш юм.  Хоёр өөр төрлийн оч үүсдэг, жишээ нь дулааны оч ба хүчдлын оч юм. Дулаан оч үүсэхэд маш их гүйдэл хоёр дамжуулагч материалын хооронд дамжих шаардлагатай болдог. Ихэнх дулааны оч нь хэрэв холбоос хангалтгүй байвал зангилааны дотор ирмэгийн ойролцоо гардаг; энэ нь гүйдлийн өндөр нягтралтай ба холбоосын хангалтгүй байдлаас үүдэлтэй. Дулааны очны хүч нь тодорхой энергитэй ба аянгын хамгийн чухал үе шат болох анхны гэдрэг цахилалттай холбоотой. Хэрэв хүчдэл нь металл хэсэгийн хоорондын тусгаарлах даацаас давсан тохиолдолд хүчдлийн оч үүсдэг.  Индукцийн хүчдэл нь аянгын гүйдлийн эгц босоо байдлын утгаар үржүүлсэн өөрийн индукцтэй пропорциональ байна. Тиймээс хүчдэлийн оч үүсэх хамгийн чухал бүрэлдэхүүн хэсэг нь дараагийн гэдрэг цахилалт юм.  **D.5 АХСбүрэлдэхүүн хэсэг, хамааралтай асуудлууд ба туршилтын параметр**  **D.5.1 Ерөнхий**  Аянга хамгаалалтын систем нь хэд хэдэн өөр бүрэлдэхүүн хэсэгээс бүрдэх бөгөөд тэдгээр нь тус бүрийн дотороо тодорхой функцтэй байдаг. Тэдгээрийн тодорхой нөлөөллөөс хамаарах хамаарлыг лабораторийн шинжилгээгээр тодорхойлохдоо бүрэлдэхүүн хэсэгийн мөн чанарыг онцгой анхаарал шаардлагатай.  **D.5.2               Аянга хүлээн авагч**  Аянга хүлээн авах системд механик болон дулааны нөлөөллийн аль аль нь нөлөө үзүүлдэг (D.5.3-т доор дурьдсан, гэхдээ аянгын гүйдлийн өндөр хувь аянга хүлээн авагчийн дамжуулагчаар урсахыг харуулаагүй байна) мөн зарим тохиолдолд нумны нөлөөнөөс ялангуяа нимгэн метал дээвэр эсвэл хаалтыг цоорох (нүх сүв үүсэх эсвэл гадаргуугийн температур хэт их нэмэгдэж болзошгүй) ба өлгөөтэй дамжуулагч гэх мэт байгалийн АХС бүрэлдэхүүн хэсэгт нөлөөлдөг.    Нумны элэгдлийн нөлөөллийн хувьд туршилтын хоёр үндсэн параметрийг харгалзан үзэх хэрэгтэй, үүнд урт хугацааны гүйдлийн цэнэг ба түүний үргэлжлэх хугацаа.  Нумнаас үүдэлтэй энерги нь нөлөөллийн гол хүчин зүйл нь болдог. Богино хугацааны цахилалтын үед үл тооцож болох боловч ялангуяа урт хугацааны цахилалт нь энэ үр нөлөөг хамгийн хүндээр үзүүлдэг.  Гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа нь материалын дулаан дамжуулах үзэгдэлд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Туршилтын явцад хэрэглэсэн гүйдлийн үргэлжлэх хугацааг урт хугацааны цахилалттай харьцуулах ёстой (0,5 сек-ээс 1 сек).  **D.5.3              Газардуулгын систем рүү дамжуулах дамжуулагчид**  Аянга цахилалтаас үүдэлтэй газардуулгын системрүү дамжуулах дамжуулагчид үүсэх нөлөөг хоёр үндсэн ангилалд хуваана.  -     эсэргүүцлийн халалтаас үүдэлтэй дулааны нөлөө;  -    бие биетэйгээ ойролцоо байрладаг дамжуулагчид аянгын гүйдлийннөлөөгөөр үүсдэг харилцан индукцийн үйлчлэлтэй холбогдсон механик эффектүүд.  Ихэнх тохиолдолд эдгээр хоёр нөлөө нь бие биенээсээ үл хамааран бий болдог ба лабораторийн шинжилгээгээр тус тусын үр нөлөө бүрийг шалгаж үзэх боломжтой. Аянгын гүйдлийн урсгалаар бий болсон халалт нь механик шинж чанарыг бодитоор өөрчилдөггүй бүх тохиолдолд энэ аргыг хэрэглэж болно.  **D.5.3.1 Эсэргүүцлийн халалт**  Цахилгаан дамжуулагчийн дагуу урсаж буй аянгын гүйдлийн улмаас янз бүрийн хөндлөн огтлолтой материалын халалтай холбоотой тооцоолол, хэмжилтийг хэд хэдэн судлаачид гаргасан байна. Нэр томъёоны тайлбарыг D.4.1.1-т нэгтгэв. Тиймээс лабораторийн шинжилгээ хийх шаардлагагүй бөгөөд ерөнхийдөө температурын өсөлттэй холбоотой дамжуулагчийн ажиллагааг шалгах шаардлагатай байдаг.  Лабораторийн шинжилгээ хийх шаардлагатай бүх тохиолдолд дараахь зүйлийг харгалзан үзнэ.  -           авч үзэх гол туршилтын параметр нь тодорхой энерги ба импульсийн гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа юм;  -            аянгын гүйдлийн урсгалын улмаас үүссэн тодорхой энерги нь Жоуль-ын халалтын улмаас температурын өсөлтийг зохицуулдаг. Харгалзан үзэх тоон утгууд нь эхний цахилалтанд хамааралтай байдаг. Хамгаалалтын мэдээллийг эерэг цахилалтын үед харгалзан үзнэ;  -          дамжуулагчийн дулааны солилцооны үйл явцад гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацаа, орчны нөхцөл шийдвэрлэх нөлөө үзүүлдэг. Ихэнх тохиолдолд импульсийн гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа маш богино тул халалтын процессыг адиабатик гэж үзэж болно.  **D.5.3.2 Механик нөлөө**  D.4.2.1-т заасны дагуу аянгын гүйдэл дамжуулагчдын хооронд механик харилцан үйлчлэлийг бий болгодог. Үйлчлэх хүч нь дамжуулагчаар дамжиж байгаа гүйдлийн бүтээгдэхүүнтэй пропорциональ (нугалсан дамжуулагч байгаа гэж тооцвол гүйдлийн квадраттай) ба дамжуулагчдын хоорондох зайнаас урвуутай хамааралтай.  Тус нөлөөллийг дамжуулагч гогцоо үүсгэх эсвэл тахийсан байдлаас харж болно.Дамжуулагчаар аянгын гүйдэл дамжих үед дамжуулагчийн гогцоог сунгах, булангаа шулуун болгох, гадагш чиглүүлсэн механик хүчээр үйлчилдэг.Энэ хүчний хэмжээ нь гүйдлийн далайцын квадраттай пропорциональ байна.Гэхдээ гүйдлийн далайцын квадраттай пропорциональ байх электродинамик хүч ба механик АХС-ийн уян харимхай шинж чанараас хамаарах зохих нөлөөлөл хоёрын хооронд тодорхой ялгаа байх ёстой.Харьцангуй бага давтамжтай АХС бүтцийн хувьд АХС бүтэц дотор үүссэн нөлөөлөл нь электродинамик хүчнээс хамаагүй бага байх болно.Энэ тохиолдолд тус стандартын шаардлагын дагуу хөндлөн огтлолын талбайг зөв өнцгөөр сонгосон дамжуулагчийн механик төлөв байдлыг шалгахын тулд лабораторийн шинжилгээ хийх шаардлагагүй.  Лабораторийн шинжилгээ шаардлагатай бүх тохиолдолд (ялангуяа зөөлөн материалын хувьд) дараахь зүйлийг анхаарч үзэх хэрэгтэй. Эхний буцах цахилалтын гурван параметрийг авч үзэх хэрэгтэй: үргэлжлэх хугацаа, гүйдлийн импульсийн тодорхой энерги, тогтвортой системүүдийн хувьд гүйдлийн далайц.  Гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацаа нь АХС-ийн байгалийн бүтцийн механик хэлбэлзлийн хугацаатай харьцуулахад системийн механик хариу үйлчлэлийн төрлөөс хамаардаг.  Хэрэв импульсийн үргэлжлэх хугацаа нь АХС-ийн байгалийн бүтцийн механик хэлбэлзлийн үеээс хамаагүй богино байвал (аянгын импульсээр нөлөөмжид орсон АХС-ийн бүтцийн хувьд хэвийн тохиолдол), системийн масс, уян чанар нь түүнийг мэдэгдэхүйц өөрчилж, холбогдох механик нөлөөллөөс урьдчилан сэргийлэлдэг нь гүйдлийн импульсийн тодорхой энергитэй холбоотой юм. Гүйдлийн импульсийн хамгийн их утга нь хязгаарлагдмал нөлөөтэй байдаг.  Хэрэв импульсийн үргэлжлэх хугацааг байгалийн бүтцийн механик хэлбэлзлийн хугацаатай ойройлцоо эсвэл түүнээс дээш бол системийн өөрчлөлт нь өөрчлөлтийн хэлбэрээс илүү мэдрэмтгий байдаг. Энэ тохиолдолд одоогийн түлхэлтийн оргил үнэ цэнэ, түүний тодорхой эрчим хүчний үеэр дахин хэрэгтэй туршилт.  Гүйдлийн импульсийн тодорхой энерги нь АХС-ийн бүтцийн уян харимхай болон уярах деформацийг үүсгэх нөлөөллийг бий болгодог. Харгалзан үзэх тоон утгууд нь эхний цахилалтад хамааралтай байдаг.  Байгалийн өндөр хэлбэлзлийн давтамжтай тогтвортой системтэй АХС-ийн бүтцэд нөлөөмжөөс үүдэлтэй өөрчлөлтөнд гүйдлийн импульсийн хамгийн их утга нь чухал нөлөөтэй. Харгалзан үзэх тоон утгууд нь эхний цахилалтад хамааралтай байдаг.  **D.5.3.3 Холбогч эд ангиуд**  АХС-ийн зэргэлдээ дамжуулагчдын хоорондох холболтын хэсэг нь механик ба дулааны нөлөөмжид маш их ордог сул талтай.  Дамжуулагчийг зөв өнцгөөр байрлуулахаар холбоосийг байрлуулсан тохиолдолд гол нөлөө нь холбоос бүрэлдэхүүн хэсэг ба дамжуулагч хоорондох үрэлтийн хүчийг давсан дамжуулагч багцыг шулуун чиглүүлэх механик хүчнүүдтэй холбоотой байдаг. Янз бүрийн хэсэгийн холбоос цэгүүдэд нум үүсэх боломжтой. Түүнээс гадна жижиг холболтын гадаргуу дээрх гүйдлийн концентрациас үүдэлтэй халалтад мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлдэг.  Лабораторийн шинжилгээ нь нарийн төвөгтэй синергизм явагдах тусам нөлөөлөл тус бүрийг бусдаас нь салгахад хэцүү болохыг харуулж байна. Механик хүч нь холболтын хэсгийг гулзайж гэмтэхэд хүргэдэг. Холбоосуудын харьцангуй өөр байдал нь холбоос хэсггүүдэд нум ба халалт үүсэхэд нөлөөлдөг.  Хүчин төгөлдөр загвар байхгүй тохиолдолд тохирох параметрийг аль болох нарийн илэрхийлэхийн тулд аянгын цахилгаан гүйдлийн хамгийн эгзэгтэй нөхцөлд лабораторийн шинжилгээг нэг цахилгаан туршилтын тусламжтайгаар хийх ёстой.  Энэ тохиолдолд гурван параметрийг анхаарч үзэх хэрэгтэй: гүйдлийн импульсийн хамгийн их утга, тодорхой энерги, үргэлжлэх хугацаа.  Импульс гүйдлийн хамгийн их утга, хамгийн их хүч удирдан, эсвэл үеийн цахилгаан татах хүч үрэлтийн хүч, уртыг давж байвал, дараа нь ЛПС бүтцийн хамгийн их шилжилт болно. Харгалзан үзэх тоон утгууд нь эхний цахилалтад хамааралтай байдаг. Бөх батын мэдээллийг эерэг цахилалтын үед харгалзан үзнэ.  Гүйдлийн импульсийн тодорхой энерги нь гүйдэл нь жижиг хэсэгт төвлөрч байгаа контактын гадаргуу дээр халалтыг би болгодог. Харгалзан үзэх тоон утгууд нь эхний цахилалтад хамааралтай байдаг. Бөх батын мэдээллийг эерэг цахилалтын үед харгалзан үзнэ.  Гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацаа нь үрэлтийн хүчийг давсны дараа бүтцийн хамгийн их өөрчлөлтийг бий болгох бөгөөд материалын дулаан дамжуулах процессд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.  **D.5.3.4                   Газардуулах систем**  Электродинамик хүчнээс бусад хүчнээс үүссэн химийн зэврэлт, механик гэмтэл зэрэг нь газардуулгын электродтой холбоотой бодит асуудал юм. Практик тохиолдолд газардуулгын электродод нумнаас үүдэлдэй элэгдэлд бага нөлөө үзүүлдэг. Хэдий тийм боловч аянга хүлээн авагчаас гадна ердийн АХС нь хэд хэдэн төрлийн газардуулгын системтэй байдаг гэж үзэх нь зүйтэй. Аянгын гүйдлийг хэд хэдэн газардуулгын электродын хооронд тархаах бөгөөд ингэснээр нумнаас үүдэлтэй нөлөөллийг бууруулдаг. Энэ тохиолдолд туршилтын хоёр үндсэн параметрийг анхаарч үзэх хэрэгтэй.  - Нумнаас үүдэлтэй энерги нь үндсэн үүсгэгч нь болж тэжээж байдаг. Ялангуяа эхний цахилалтааас үүсэх өөрчлөлтийг тооцохгүй байж болно, учир нь удаан үргэлжилсэн цахилалт нь энэ бүрэлдэхүүн хэсгийн хувьд хамгийн хүнд гэмтлийг учруулдаг;  - Гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацаа нь материалын дулаан дамжуулах процессд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.Туршилтын явцад хэрэглэсэн гүйдлийн импульсийн үргэлжлэх хугацааг урт хугацааны цахилалттай харьцуулах ёстой (0,5 сек-ээс 1s). | **D.4.2.1.2 Effects of electrodynamic forces**  In terms of amplitude of applied force, the instantaneous value of the electrodynamic force F(t) is proportional to the square of the instantaneous current i(t)2. In terms of the stress development within the mechanical LPS structure, expressed by the product of the elastic deformation δ(t) and the elastic constant k of the LPS structure, two effects should be considered. The natural mechanical frequency (linked with the elastic behaviour of the LPS structure) and the permanent deformation of the LPS structure (linked with its plastic behaviour) are the most important parameters. Moreover, in many cases the effect of the friction forces within the structure are also of significant importance.  The amplitude of the vibrations of the elastic LPS structure, caused by an electrodynamic force developed by the lightning current, can be evaluated by means of second order differential equations; the key factor is the ratio between the duration of the current impulse and the period of natural mechanical oscillation of the LPS structure. The typical condition encountered in LPS applications consists of natural oscillation periods of the structure much longer than that of the applied force (duration of the lightning current impulse). In this case the maximum mechanical stress occurs after the cessation of the current impulse and has a peak value that remains lower than that of the applied force. In most cases, maximum mechanical stress can be neglected.  Plastic deformation occurs when the tensile stress exceeds the elastic limit of the material. If the material composing the LPS structure is soft, for example aluminium or annealed copper, the electrodynamic forces can deform the conductors in corners and loops. LPS components should therefore be designed to withstand these forces and to show essentially an elastic behaviour.  The total mechanical stress applied to the LPS structure depends on the time integral of the applied force and therefore on the specific energy associated with the current impulse. It also depends on the shape of the current impulse and its duration (compared with the period of natural oscillation of the structure). All these influencing parameters must therefore be taken into account during testing.  **D.4.2.2 Acoustic shock wave damage**  When a lightning current flows in an arc a shock wave is produced. The severity of the shock is dependent upon the peak current value and the rate of rise of the current.  In general, the damage due to the acoustic shock wave is insignificant on metal parts of the LPS but can cause damage to surrounding items.  **D.4.3 Combined effects**  In practice, both thermal and mechanical effects occur simultaneously. If the heating of the material of the components (rods, clamps, etc.) is sufficient to soften the materials, much greater damage can occur than otherwise. In extreme cases, the conductor could explosively fuse and cause considerable damage to the surrounding structure. If the cross-section of the metal is sufficient to safely handle the overall action, only mechanical integrity need be checked.  **D.4.4 Sparking**  Sparking is generally important only in flammable environments or in the presence of combustible materials. In most practical cases, sparking is not important for LPS components.  Two different types of sparking can occur, i.e. thermal sparking and voltage sparking. Thermal sparking occurs when a very high current is forced to cross a joint between two conducting materials. Most thermal sparking occur near the edges inside a joint if the interface pressure is too low; this is due primarily to high current density and inadequate interface pressure. The intensity of the thermal sparking is linked to the specific energy and therefore, the most critical phase of the lightning is the first return stroke. Voltage sparking occurs where the current is forced to take convoluted paths, e.g. inside a joint, if the voltage induced in such a loop exceeds the breakdown voltage between the metal parts. The induced voltage is proportional to the self inductance multiplied by the steepness of the lightning current. The most critical lightning component for voltage sparking is therefore the subsequent negative stroke.  **D.5 LPS components, relevant problems and test parameters**  **D.5.1 General**  Lightning protection systems are made of several different components, each having a specific function within the system. The nature of the components and the specific stresses to which they are subjected, require special consideration when setting up laboratory tests to check their performance.  **D.5.2 Air termination**  Effects on air-termination systems arise from both mechanical and thermal effects (as discussed below in D.5.3, but noting that a high proportion of the lightning current will flow in an air-termination conductor which is struck) and also, in some cases, arc erosion effects, particularly in natural LPS components such as thin metal roof or wall skins (where puncture or excessive rear surface temperature rise may occur) and suspended conductors.  For arc erosion effects, two main test parameters should be considered, i.e. the charge of the long duration current and its duration.  The charge governs the energy input at the arc root. In particular, long duration strokes appear to be the most severe for this effect whilst short duration strokes can be neglected.  The duration of the current has an important role in the heat transfer phenomena into the material. The duration of the current applied during the tests should be comparable to those of long duration strokes (0,5 s to 1 s).  **D.5.3 Down-conductors**  Effects on down-conductors caused by lightning can be divided into two main categories:  - thermal effects due to resistive heating;  - mechanical effects linked with the magnetic interaction where the lightning current is shared by conductors positioned in the vicinity of one another or when the current changes direction (bends or connections between conductors positioned at a given angle with respect to one another).  In most cases, these two effects act independently from each other and separate laboratory tests can be carried out to check each effect from the other. This approach can be adopted in all cases in which the heating developed by the lightning current flow does not modify substantially the mechanical characteristics.  **D.5.3.1 Resistive heating**  Calculations and measurements relating to the heating of conductors of different cross- sections and materials due to lightning current flowing along a conductor have been published by several authors. The main results in terms of plots and formulae are summarized in D.4.1.1. No laboratory test is therefore necessary, in general, to check the behaviour of a conductor with respect to temperature rise.  In all cases for which a laboratory test is required, the following considerations shall be taken into account:  - the main test parameters to be considered are the specific energy and the impulse current duration;  - the specific energy governs the temperature rise due to the Joule heating caused by the flow of the lightning current. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes;  - the impulse current duration has a decisive influence on the heat exchange process with respect to the ambient conditions surrounding the considered conductor. In most cases the duration of the impulse current is so short that the heating process can be considered to be adiabatic.  **D.5.3.2 Mechanical effects**  As discussed in D.4.2.1, mechanical interactions are developed between conductors carrying lightning current. The force is proportional to the product of the currents flowing in the conductors (or to the square of the current if a single bent conductor is considered) and is linked with the inverse of the distance between the conductors.  The usual situation in which a visible effect can occur is when a conductor forms a loop or is bent. When such a conductor carries the lightning current, it will be subjected to a mechanical force which tries to extend the loop and to straighten the corner and thus to bend it outward. The magnitude of this force is proportional to the square of the current amplitude. A clear distinction should be made, however, between the electrodynamic force, which is proportional to the square of the current amplitude, and the corresponding stress dependent on the elastic characteristics of the mechanical LPS structure. For LPS structures of relatively low natural frequencies, the stress developed within the LPS structure would be considerably lower than the electrodynamic force. In this case, no laboratory test is necessary to check the mechanical behaviour of a conductor bent at a right-angle as long as the cross-sectional areas of the present standard requirements are fulfilled.  In all cases for which a laboratory test is required (especially for soft materials), the following considerations should be taken into account. Three parameters of the first return stroke are to be considered: the duration, the specific energy of the impulse current and, in the case of rigid systems, the amplitude of the current.  The duration of the impulse current, compared with the period of the natural mechanical oscillation of the LPS structure, governs the type of mechanical response of the system in terms of displacement:  If the duration of the impulse is much shorter than the period of natural mechanical oscillation of the LPS structure (normal case for LPS structures stressed by lightning impulses), the mass and elasticity of the system prevents it from being displaced appreciably and the relevant mechanical stress is essentially related to the specific energy of the current impulse. The peak value of the impulse current has a limited effect.  If the duration of the impulse is comparable with or higher than the period of natural mechanical oscillation of the structure, the displacement of the system is more sensitive to the shape of the applied stress. In this case, the peak value of the current impulse and its specific energy needs to be reproduced during the test.  The specific energy of the impulse current governs the stress causing the elastic and plastic deformation of the LPS structure. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke.  The maximum values of the impulse current govern the length of the maximum displacement of the LPS structure, in case of rigid systems having high natural oscillation frequencies. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke.  **D.5.3.3 Connecting components**  Connecting components between adjacent conductors of an LPS are possible points of mechanical and thermal weakness where very high stresses occur.  In the case of a connector placed in such a manner as to make the conductor follow a right angle, the main effects of the stresses are linked with mechanical forces which tend to straighten the conductor set and overcome the friction forces between the connecting component and the conductors, thus pulling the connection apart. The development of arcs at the points of contact of the different parts is possible. Moreover, the heating effect caused by the concentration of current over small contact surfaces has a notable effect.  Laboratory tests have shown that it is difficult to separate each effect from the others as a complex synergism takes place. Mechanical strength is affected by local melting of the area of contact. Relative displacements between parts of the connection components promote the development of arcs and the consequential intense heat generation.  In the absence of a valid model, laboratory tests should be conducted in such a way as to represent as closely as possible the appropriate parameters of the lightning current in the most critical situation, i.e. the appropriate parameters of the lightning current shall be applied by means of a single electrical test.  Three parameters should be considered in this case: the peak value, the specific energy and the duration of the impulse current.  The maximum values of the impulse current govern the maximum force, or, if and after the electrodynamic pulling force exceeds the friction force, the length of the maximum displacement of the LPS structure. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.  The specific energy of the current impulse governs the heating at contact surfaces where the current is concentrated over small areas. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.  The duration of the impulse current governs the maximum displacement of the structure after friction forces are exceeded and has an important role in the heat transfer phenomena into the material.  **D.5.3.4 Earth-termination**  The real problems with earth-termination electrodes are linked with chemical corrosion and mechanical damage caused by forces other than electrodynamic forces. In practical cases, erosion of the earth electrode at the arc root is of minor importance. It is, however, to be considered that, contrary to air-terminations, a typical LPS has several earth-terminations. The lightning current will be shared between several earthing electrodes, thus causing less important effects at the arc root. Two main test parameters should be considered in this case:  the charge governs the energy input at the arc root. In particular, the contribution of the first stroke can be neglected since long duration strokes appear to be the most severe for this component;  the duration of the current impulse has an important role in the heat transfer phenomena into the material. The duration of the current impulses applied during the testing should be comparable to those of long duration strokes (0,5 s to 1s). |

|  |  |
| --- | --- |
| **D.6 Хэт хүчдлээс хамгаалах төхөөрөмж (ХХХТ)**  **D.6.1 Ерөнхий мэдээлэл**  Аянганаас үүссэн ХХХТ-д үзүүлэх стрессийн нөлөөлөл нь авч үзсэн ХХХТ-ийн төрлөөс хамаарна, ялангуяа зай байгаа эсэхээс хамаарна.  **D.6.2 ХХХТ агуулсан цэнэгийн зай**  Аянгын улмаас үүссэн цэнэгийн зайн үзүүлэх нөлөөг хоёр үндсэн ангилалд хувааж болно.  - материалыг халаах, хайлуулах, ууршуулах замаар завсар электродын элэгдэл;  - урсацын цохилтын долгионы улмаас үүссэн механик стресс.  Эдгээр нөлөөллийг тусад нь судлах нь туйлын хэцүү, учир нь хоёулаа аянгын гүйдлийн үндсэн параметртэй нарийн төвөгтэй харилцааны тусламжтайгаар холбогддог.  Цэнэгийн зайнд лабораторийн туршилтыг хамгийн эгзэгтэй нөхцөлд аянгын гүйдлийн тохирох параметрийг аль болох нарийвчлан харуулах байдлаар явуулна.  Энэ тохиолдолд таван параметрийг харгалзан үзнэ: оргил утга, цэнэг, үргэлжлэх хугацаа, хувийн энерги, импульсийн гүйдлийн өсөлтийн хурд.  Гүйдлийн оргил утга нь цочролын долгионы хүчийг зохицуулдаг. Анхаарах ёстой тоон утгууд нь эхний харвалттай холбоотой байдаг. Эерэг цохилтод харгалзах консерватив өгөгдлийг олж авдаг.  Цэнэг нь нуман дахь энергийн оролтыг удирддаг. Нуман дахь энерги нь нумын бэхэлгээний цэг дээр халааж, хайлж, магадгүй электродын материалын хэсгийг ууршуулна. Анхаарах ёстой тоон утгууд нь бүхэл бүтэн аянга цахилгаантай холбоотой байдаг. Гэсэн хэдий ч цахилгаан хангамжийн системийн (TN, TT эсвэл IT) тохиргооноос хамааран урт хугацааны гүйдлийн цэнэгийг олон тохиолдолд үл тоомсорлож болно.  Импульсийн гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа нь электродын масс руу дулаан дамжуулах үзэгдлүүд ба хайлмал фронтын тархалтыг зохицуулдаг.  Одоогийн импульсийн тодорхой энерги нь нумын өөрөө соронзон шахалт ба электродын гадаргуу ба нумын хоорондох интерфэйс дээр үүссэн электродын плазмын тийрэлтэт хөдөлгүүрийн физикийг зохицуулдаг (энэ нь их хэмжээний хайлсан материалыг үлээж чаддаг). Анхаарах ёстой тоон утгууд нь эхний харвалттай холбоотой байдаг. Эерэг цус харвалтыг харгалзан консерватив өгөгдлийг олж авдаг.  ТАЙЛБАР: Цахилгаан хангамжийн системд ашигладаг оч цоорхойнуудын хувьд гүйдлийн далайцыг дагах боломжит чадлын давтамж нь стрессийн чухал хүчин зүйл бөгөөд үүнийг анхаарч үзэх хэрэгтэй.  **D.6.3 Металл оксидын варистор агуулсан ХХХТ**  Металл-оксидын варисторт аянга цахилгаанаас үүдэлтэй стрессийг хэт ачаалал ба гялалзах гэсэн хоёр үндсэн ангилалд хувааж болно. Ангилал бүр нь өөр өөр үзэгдлээс үүдэлтэй бүтэлгүйтлийн горимоор тодорхойлогддог бөгөөд өөр өөр параметрээр зохицуулагддаг. Металл-оксидын ХХХТ-ийн эвдрэл нь түүний хамгийн сул шинж чанартай холбоотой тул янз бүрийн үхлийн дарамтуудын хооронд синергетик үүсэх магадлал багатай юм. Иймд бүтэлгүйтлийн горим бүрийн нөхцөл байдлыг шалгахын тулд тус тусад нь туршилт хийх нь зүйтэй юм.  Хэт ачаалал нь төхөөрөмжийн хүчин чадлаас хэтэрсэн шингэсэн энергийн улмаас үүсдэг. Энд авч үзсэн хэт их энерги нь аянгын ачаалалтай холбоотой юм. Гэсэн хэдий ч цахилгаан хангамжийн системд суурилуулсан ХХХТ -ийн хувьд аянгын гүйдлийн урсгал зогссон даруйд цахилгаан системээс төхөөрөмжид оруулсан дагах гүйдэл нь ХХХТ -ийн үхэлд хүргэж болзошгүй гэмтэлд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Эцэст нь ХХХТ нь резисторуудын вольт-ампер шинж чанарын сөрөг температурын коэффициенттэй холбоотой хүчдэлийн дулааны тогтворгүй байдлаас болж үхэлд хүргэдэг. Металл-оксидын варисторын хэт ачааллын симуляцийн хувьд нэг үндсэн параметрийг анхаарч үзэх хэрэгтэй: цэнэг.  Цэнэг нь металл ислийн резисторын блокийн үлдэгдэл хүчдэлийг тогтмол гэж тооцож, металл-оксидын резисторын блок руу орох энергийг зохицуулдаг. Анхаарах ёстой тоон утгууд нь аянга цахилгаантай холбоотой байдаг.  Гялалзах, хагарах нь гүйдлийн импульсийн далайц нь резисторын чадвараас давсанаас үүсдэг. Энэхүү эвдрэлийн горим нь ерөнхийдөө хүзүүвчний дагуух гаднах гялбаагаар нотлогддог бөгөөд заримдаа резисторын блок руу нэвтэрч, хүзүүвчний перпендикуляр хагарал эсвэл нүх үүсгэдэг. Энэ эвдрэл нь голчлон резистор блокийн хүзүүвчний диэлектрик уналттай холбоотой юм.  Энэхүү аянгын үзэгдлийг загварчлахын тулд хоёр үндсэн параметрийг анхаарч үзэх хэрэгтэй: хамгийн их утга ба импульсийн гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа.  Импульсийн гүйдлийн хамгийн их утга нь үлдэгдэл хүчдэлийн харгалзах түвшингээр дамжуулан резисторын хүзүүвч дээрх диэлектрикийн дээд хүчнээс хэтэрсэн эсэхийг тодорхойлдог. Анхаарах ёстой тоон утгууд нь эхний харвалттай холбоотой байдаг. Эерэг цохилтыг харгалзан консерватив өгөгдлийг олж авдаг.  Импульсийн гүйдлийн үргэлжлэх хугацаа нь резисторын хүзүүвч дээр диэлектрик стрессийг хэрэглэх хугацааг зохицуулдаг.  **D.7 АХС бүрэлдэхүүн хэсгийг туршихдаа батлагдсан туршилтын параметрийн хураангуй**  Хүснэгт D.1-д АХС-ийн бүрэлдэхүүн хэсэг тус бүрийн функцийг гүйцэтгэх үеийн хамгийн чухал талуудыг нэгтгэн дүгнэж, лабораторийн туршилтаар дахин гаргах аянгын гүйдлийн параметрүүдийг өгсөн болно.  Хүснэгт D.1-д өгсөн тоон утгууд нь цохилтын цэгийн ач холбогдол бүхий аянгын параметрүүдэд хамааралтай болно.  Туршилтын утгыг D.3-т дурдсанчлан одоогийн хуваалцах хүчин зүйлээр илэрхийлж болох одоогийн хуваалтыг харгалзан тооцно.  Туршилтын явцад хэрэглэгдэх параметрүүдийн тоон утгыг D.3-т өгөгдсөн томьёогоор илэрхийлсэн гүйдлийн хуваарилалттай холбоотой бууруулах хүчин зүйлийг ашиглан Хүснэгт D.1-д өгсөн өгөгдлийн үндсэн дээр тооцоолж болно. | **D.6 Surge protective device (SPD)**  **D.1 General**  The effects of the stress on an SPD caused by lightning depend on the type of SPD considered, with particular reference to the presence or absence of a gap.  **D.6.2 SPD containing spark gaps**  Effects on spark gaps caused by lightning can be divided into two major categories:  The erosion of the gap electrodes by heating, melting and vaporizing of material;  the mechanical stress caused by the shock wave of the discharge.  It is extremely difficult to investigate separately these effects, as both are linked with the main lightning current parameters by means of complex relationships.  For spark gaps, laboratory tests shall be conducted in such a way as to represent as closely as possible the appropriate parameters of the lightning current in the most critical situation, i.e. all the appropriate parameters of the lightning current shall be applied by means of a single electrical stress.  Five parameters shall be considered in this case: the peak value, the charge, the duration, the specific energy and the rate of rise of the impulse current.  The current peak value governs the severity of the shockwave. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.  The charge governs the energy input in the arc. The energy in the arc will heat up, melt and possibly vaporize part of the electrode material at the attachment point of the arc. Numerical values to be considered are those relevant to the whole lightning flash. However, the charge of the long duration current can be neglected in many cases, depending on the configuration of the power supply system (TN, TT or IT).  The duration of the impulse current governs the heat transfer phenomena into the mass of the electrode and the resulting propagation of the melt front.  The specific energy of the current impulse governs the self-magnetic compression of the arc and the physics of the electrode plasma jets developed at the interface between the electrode surface and the arc (which can blow out a significant amount of molten material). Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.  NOTE For spark gaps used on power supply systems, the possible power frequency follow current amplitude constitutes an important stress factor, which must be taken into consideration.  **D.6.3 SPD containing metal-oxide varistors**  Stress to metal-oxide varistors caused by lightning can be divided into two main categories: overload and flashover. Each category is characterized by failure modes generated by different phenomena and governed by different parameters. The failure of a metal-oxide SPD is linked with its weakest characteristics and therefore it is unlikely that synergism between different fatal stresses can occur. It appears, therefore, to be acceptable to carry out separate tests to check the behaviour under each failure mode condition.  Overloads are caused by an amount of absorbed energy exceeding the capabilities of the device. The excessive energy considered here is related to the lightning stress itself. However, for SPDs installed on power supply systems, the follow current injected in the device by the power system immediately after the cessation of the lightning current flow can also play an important role in the fatal damage of the SPD. Finally, an SPD can be fatally damaged by thermal instability under the applied voltage related to the negative temperature coefficient of the volt-ampere characteristics of the resistors. For the overload simulation of metal-oxide varistors, one main parameter is to be considered: the charge.  The charge governs the energy input into the metal-oxide resistor block, considering as a constant the residual voltage of the metal-oxide resistor block. Numerical values to be considered are those relevant to the lightning flash.  Flashovers and cracking are caused by the amplitude of current impulses exceeding the capabilities of the resistors. This failure mode is generally evidenced by an external flashover along the collar, sometimes penetrating into the resistor block causing a crack or a hole perpendicular to the collar. The failure is mainly linked with a dielectric collapse of the collar of the resistor block.  For the simulation of this lightning phenomenon, two main parameters should be considered: the maximum value and the duration of the impulse current.  The maximum value of the impulse current determines, through the corresponding level of residual voltage, whether the maximum dielectric strength on the resistor collar is exceeded. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.  The duration of the impulse current governs the duration of application of the dielectric stress on the resistor collar.  **D.7 Summary of the test parameters to be adopted in testing LPS components**  Table D.1 summarizes the most critical aspects of each LPS component during the performance of its function and gives the parameters of the lightning current to be reproduced in laboratory tests.  The numerical values given in Table D.1 are relevant to the lightning parameters of importance at the point of strike.  Test values should be calculated considering the current sharing which can be expressed by means of the current sharing factor, as discussed in Clause D.3.  The numerical values of the parameters to be used during the tests can therefore be calculated on the base of the data given in Table D.1, applying the reduction factors linked with current sharing, as expressed by the formulae reported in Clause D.3. |
| **Хавсралт E**  (нэмэлт мэдээлэл)  Аянгын улмаас янз бүрийн цэгүүд дээр үүсэх хэт хүчдэл  **E.1 Ерөнхий тайлбар**  Цахилгаан дамжуулагч, ХХХТ ба багаж хэрэгслийг хэмжихдээ эдгээр бүрэлдэхүүн хэсэгийг суурилуулан тодорхой цэг дээр үүсэх аюулыг тодорхойлох шаардлагатай. Аянгын хэт хүчдэл нь суулгац тойрог руу индугцийн гүйдлийн нөлөөгөөр нэмэгдэх боломжтой. Энэ нэмэгдэх хэт хүчдэлээс үүдэх аюул нь ашигласан бүрэлдэхүүн хэсгийн тэсвэрлэх түвшнээс доогуур байх ёстой (шаардлагатай бол зохих туршилтаар тодорхойлогддог).  **E.2 Байгууламжид хэт хүчдэл нөлөөлөх (S1 эвдрэлийн эх үүсвэр)**  E.2.1 Хэт хүчдэл нь байгууламжид холбогдсон индуктив биет болон утсаар дамждаг  аянгын гүйдэл нь газардах үед газардуулгын систем, гаднах дамжуулагч хэсэг ба шугамын хооронд шууд буюу тэдгээрт холбогдсон ХХХТ-д хуваагддаг.  хэрвээ             IF = ke×I           (E.1)  ийм үед аянгын гүйдлийн тархалт цахилгаан дамжуулагч хэсэг буюу шугам бүрт хамаарах бөгөөд гүйдлийн хуваах коэффициент нь дараахь зүйлээс хамаарна.  - Харалдаа шугамын тоо  - газар доорхи эд ангиудын ердийн газардуулга, эсвэл газрын эсэргүүцэл, газар доорхи хэсэгийн ил холбогддог хэсэгийн газардуулгын эсэргүүцэл  - Газардуулгын газар доохи хэсгийн эсэргүүцэл  Газарын доорх суурилуулалтанд  ke = (E.2)  ил хэсгийн суурилуулалтанд  ke = (E.3)  Үүнд:  Z нь уламжлалт газардуулга саад тотгор нь газар шорооны систем;  Z1нь газар доор ажиллаж байгаа гаднах хэсэг эсвэл шугамуудын ердийн газардуулгын дамжуулалт юм (Хүснэгт E.1);  Z2 агаарын шугамыг газартай холбосон газардуулгын байгууламжийн газардуулгын эсэргүүцэл юм. Газардуулгын цэгийн газардуулгын эсэргүүцэл тодорхойгүй бол Хүснэгт E.1-д үзүүлсэн Z1-ийн утгыг (эсэргүүцэл нь газардуулгын цэгт хамааралтай бол) ашиглаж болно.  ТАЙЛБАР 1 Дээрх томъёонд энэ утгыг газардуулгын цэг бүрт ижил байна гэж үзнэ. Хэрэв тийм биш бол илүү төвөгтэй тэгшитгэлийг ашиглах шаардлагатай.  n1 нь газар доорхи гаднах хэсэг буюу шугамын нийт тоо;  n2 нь гаднах эд анги, шугамын нийт тоо;  I нь аянгын хамгаалалтын түвшин (LPL)-д хамаарах аянгын гүйдэл юм.  Эхний ойролцоолсон байдлаар аянгын гүйдлийн хагас нь газардуулгын системд урсаж, Z2=Z1 гэж үзвэл гадаад дамжуулагч хэсэг эсвэл шугамын хувьд ke-ийн утгыг дараах байдлаар үнэлж болно:  ke=0,5/(n1+n2)              (E.4)  Хэрэв орох шугамууд (жишээлбэл, цахилгаан болон харилцаа холбооны шугам) хамгаалалтгүй эсвэл металл хоолойд ороогүй бол шугамын n' дамжуулагч бүр аянгын гүйдлийн тэнцүү хэсгийг дамжуулдаг:  k’e = ke/n'            (E.5)  n’ нь дамжуулагчийн нийт тоо.  Орцонд холбосон хамгаалагдсан шугамын хувьд хамгаалагдсан шугамын n' дамжуулагч тус бүрийн гүйдлийн хуваах коэффициент k’e утгыг дараах байдлаар өгөгдөнө.  k’e = ke ×  RS / (n’ ×  RS+RC)           (E.6)  Энд:  RS нь экраны нэгжийн урт дахь ом эсэргүүцэл;  RC нь дотоод дамжуулагчийн нэгж урт дахь ом эсэргүүцэл юм.  ТАЙЛБАР 2 Энэ томьёо нь цөм ба экран хоёрын харилцан индукцийн улмаас аянгын гүйдлийг өөрчлөхөд хамгаалалтын хамгаалалтын үүргийг дутуу үнэлж болно. | **Annex E**  (informative)  Surges due to lightning at different installation points  **E.1 Overview**  For dimensioning of conductors, SPDs and apparatus, the threat due to surges at the particular installation point of these components should be determined. Surges can arise from (partial) lightning currents and from induction effects into installation loops. The threat due to these surges must be lower than the withstand levels of the components used (defined by adequate tests as necessary).  **E.2 Surges due to flashes to the structure (source of damage S1)**  Surges flowing through external conductive parts and lines connected to the structure  When conducted to earth, the lightning current is divided between the earth-termination system, the external conductive parts and the lines, directly or via SPDs connected to them.  If IF = ke × I (E.1)  is the part of the lightning current relevant to each external conductive part or line, then the current sharing factor ke depends on:  - the number of parallel paths;  - their conventional earthing impedance for underground parts, or their earth resistance, where overhead parts connect to underground, for overhead parts;  the conventional earthing impedance of - the earth-termination system.  for underground installation  ke = (E.2)  for overhead installation  ke = (E.3)  Where  Z is the conventional earthing impedance of the earth-termination system;  Z1 is the conventional earthing impedance of the external parts or lines (Table E.1) running underground;  Z2 is the earth resistance of the earthing arrangement connecting the overhead line to ground. If the earth resistance of the earthing point is not known, the value of Z1 shown in Table E.1 may be used (where the resistivity is relevant to the earthing point).  NOTE 1 This value is assumed in the above formula to be the same for each earthing point. If this is not the case, more complex equations need to be used.  n1 is the overall number of external parts or lines running underground;  n2 is the overall number of external parts or lines running overhead;  I is the lightning current relevant to the lightning protection level (LPL) considered.  Assuming as a first approximation that one half of the lightning current flows in the earth- termination system and that Z2=Z1, the value of ke may be evaluated for an external conductive part or line by:  ke=0,5/(n1+n2)              (E.4)  If entering lines (e.g. electrical and telecommunication lines) are unshielded or not routed in metal conduit, each of the n' conductors of the line carries an equal part of the lightning current  k’e = ke/n'            (E.5)  n’ being the total number of conductors.  For shielded lines bonded at the entrance, the values of current sharing factor k’e for each of the n' conductors of a shielded line are given by:  k’e = ke ×  RS / (n’ ×  RS+RC)           (E.6)  where  RS is the ohmic resistance per unit length of shield;  RC is the ohmic resistance per unit length of inner conductor.  NOTE 2 This formula may underestimate the role of the shield in diverting lightning current due to mutual inductance between core and shield. |

**Хүснэгт E.1** - **Хөрсний эсэргүүцлийн дагуу ердийн газардуулгын утга *Z* ба *Z*1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ρ**  **Ом м** | **Z1a**  **Ом** | **LPS-ийн төрөлтэй холбоотой газардуулгын ердийн дамжуулалтb**  **Z**  **Ом** | | |
| **I** | **II** | **III - IV** |
| ≤100  200  500  1 000  2 000  3 000 | 8  11  16  22  28  35 | 4  6  10  10  10  10 | 4  6  10  15  15  15 | 4  6  10  20  40  60 |
| ТАЙЛБАР: Энэ хүснэгтэд өгөгдсөн утгууд нь импульсийн нөхцөлд (10/350 μs) булсан дамжуулагчийн ердийн газардуулгын эсэргүүцэлд хамаарна. | | | | |
| a 100 м-ээс дээш урттай гадаад хэсгүүдэд хамаарах утгууд. Өндөр эсэргүүцэлтэй хөрсөнд (> 500 Ом м) 100 м-ээс бага гадаад хэсгүүдийн уртын хувьд Z1-ийн утгыг хоёр дахин нэмэгдүүлж болно.  b IEC 62305-3:2010 стандартын 5.4-д нийцсэн газардуулгын систем. | | | | |

**Table E.1 – Conventional earthing impedance values *Z* and *Z*1**

**according to the resistivity of the soil**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ρ**  **m** | **Z1a**  **** | **LPS-ийн төрөлтэй холбоотой газардуулгын ердийн дамжуулалтb**  **Z**  **** | | |
| I | II | III – IV |
| 100  200  500  1 000  2 000  3 000 | 8  11  16  22  28  35 | 4  6  10  10  10  10 | 4  6  10  15  15  15 | 4  6  10  20  40  60 |
| NOTE Values reported in this table refer to the conventional earthing impedance of a buried conductor under impulse condition (10/350 s). | | | | |
| a Values referred to external parts length over 100 m. For length of external parts lower than 100 m in high resistivity soil (> 500 m) values of Z1 could be doubled.  b Earthing system complying with 5.4 of IEC 62305-3:2010. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **E.2.2 Цахилгаан шугамд аянгын гүйдлийг хуваалцахад нөлөөлөх хүчин зүйлс**  Нарийвчилсан тооцооллын хувьд ийм өсөлтийн далайц, хэлбэрт хэд хэдэн хүчин зүйл нөлөөлж болно.  • Кабелийн урт нь L/R-ийн улмаас гүйдлийн хуваарилалт болон хэлбэрийн шинж чанарт нөлөөлж болно  харьцаа;  • саармаг ба фазын дамжуулагчийн янз бүрийн эсэргүүцэл нь шугамын дамжуулагчийн хоорондох гүйдэл хуваалцахад нөлөөлдөг;  ТАЙЛБАР 1 Жишээлбэл, хэрэв саармаг (N) дамжуулагч нь олон газардуулгатай бол L1, L2, L3 фазын дамжуулагчтай харьцуулахад N-ийн бага эсэргүүцэл нь N дамжуулагчаар дамжин урсах гүйдлийн 50% -ийг үүсгэж болно. Үлдсэн 50%-ийг бусад 3 фазын дамжуулагч (тус бүр 17%) хуваана. Хэрэв N, L1, L2, L3 ижил эсэргүүцэлтэй байвал дамжуулагч бүр нь гүйдлийн ойролцоогоор 25% -ийг дамжуулна.  • Трансформаторын янз бүрийн эсэргүүцэл нь гүйдлийн хуваарилалтад нөлөөлж болно (хэрэв трансформатор нь түүний эсэргүүцлийг тойрч гарах SPD-ээр хамгаалагдсан бол энэ нөлөө нь маш бага);  • Трансформаторын ердийн газардуулгын эсэргүүцэл ба ачааллын талын эд зүйлсийн хоорондын хамаарал нь гүйдлийн хуваарилалтад нөлөөлж болно (трансформаторын эсэргүүцэл бага байх тусам нам хүчдэлийн системд урсах гүйдэл их байх болно);  • Зэрэгцээ хэрэглэгчид нь нам хүчдэлийн системийн үр дүнтэй эсэргүүцэл буурахад хүргэдэг; энэ нь энэ системд орж буй аянгын хэсэгчилсэн гүйдлийг нэмэгдүүлж болзошгүй.  ТАЙЛБАР 2 Дэлгэрэнгүй мэдээллийг IEC 62305-4:2010-ын D Хавсралтаас үзнэ үү.  **E.3 Байгууламжид холбогдсон шугамд хамаарах хэт хүчдэл**  **E.3.1 Шугаман дээр цахьсны улмаас үүссэн хүчдэл (гэмтлийн эх үүсвэр S3)**  Холбогдсон шугамд шууд аянга буухын тулд цахилгааны гүйдлийг шугамын хоёр чиглэлд хуваах, тусгаарлагчийн эвдрэлийг харгалзан үзэх шаардлагатай.  Iimp утгыг сонгохдоо бага хүчдэлийн системийн хувьд E.2 ба E.3 хүснэгтэд, цахилгаан холбооны системийн хувьд Хүснэгт E.3-т өгөгдсөн утгууд дээр үндэслэн Iimp-ийн илүүд үздэг утгууд нь аянгын хамгаалалтын түвшин (LPL) холбоотой байдаг | **E.2.2 Factors influencing the sharing of the lightning current in power lines**  For detailed calculations, several factors can influence the amplitude and the shape of such surges:  • the cable length can influence current sharing and shape characteristics due to the L/R ratio;  • different impedances of neutral and phase conductors can influence current sharing among line conductors;  NOTE 1 For example, if the neutral (N) conductor has multiple earths, the lower impedance of N compared with phase conductors L1, L2, and L3 could result in 50 % of the current flowing through the N conductor with the remaining 50 % being shared by the other 3 phase conductors (17 % each). If N, L1, L2, and L3 have the same impedance, each conductor will carry approximately 25 % of the current.  •different transformer impedances can influence current sharing (this effect is negligible, if the transformer is protected by SPDs bypassing its impedance);  • the relation between the conventional earthing resistances of the transformer and the items on the load side can influence current sharing (the lower the transformer impedance, the higher is the surge current flowing into the low voltage system);  • parallel consumers cause a reduction of the effective impedance of the low voltage system; this may increase the partial lightning current flowing into this system.  NOTE 2 Refer to Annex D of IEC 62305-4:2010 for more information.  **E.3 Surges relevant to lines connected to the structure**  **E.3.1 Surges due to flashes to lines (source of damage S3)**  For direct lightning flashes to connected lines, partitioning of the lightning current in both directions of the line and the breakdown of insulation should be taken into account.  The selection of the Iimp value can be based on values given in Tables E.2 and E.3 for low- voltage systems and Table E.3 for telecommunication systems where the preferred values of Iimp are associated with the lightning protection level (LPL). |

**Хүснэгт E.2 - Нам хүчдэлийн системд аянга цахихтай холбоотойгоор гарах хэт гүйдэл**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **АХТ**  **(анги)** | **Нам хүчдэлийн систем** | | | |
| **Үйлчилгээнд шууд болон шууд бус цахих** | | **Байгууламжийн ойролцоо цахихa** | **Байгууламж руу цахиха** |
| **Гэмтлийн эх үүсвэр S3 (шууд цахих)b**  **Одоогийн хэлбэр: 10/350 μ**  **кА** | **Гэмтлийн эх үүсвэр S4 (шууд бус цахих)c**  **Одоогийн хэлбэр: 8/20 μs**  **кА** | **S2 гэмтлийн эх үүсвэр (өдөөгдсөн гүйдэл)**  **Одоогийн хэлбэрd:**  **d8/20μs**  **кА** | **Гэмтлийн эх үүсвэр S1 (өдөөгдсөн гүйдэл)**  **Одоогийн хэлбэрd:**  **8/20μs**  **кА** |
| III - IV | 5 | 2.5 | 0,1 | 5 |
| II | 7,5 | 3,75 | 0,15 | 7,5 |
| I | 10 | 5 | 0,2 | 10 |
| ТАЙЛБАР Бүх утга нь шугамын дамжуулагч бүрт хамаарна. | | | | |
| a Давталтын дамжуулагчийн чиглүүлэлт ба индукцийн гүйдэл хүртэлх зай нь хүлээгдэж буй хэт гүйдлийн утгуудад нөлөөлдөг. Хүснэгт E.2-ын утгууд нь том барилгад (50 м2 дарааллаар гогцооны талбай, өргөн = 5 м), байгууламжийн хананаас 1 м зайд, хамгаалалтгүй байгууламж дотор эсвэл өөр өөр чиглүүлэлт бүхий богино холболттой, хамгаалалтгүй гогцоо дамжуулагчийг хэлнэ.  LPS-тэй барилга (kc = 0,5). Бусад гогцоо ба бүтцийн шинж чанаруудын хувьд утгыг хүчин зүйлээр үржүүлнэ KS1, KS2, KS3 (IEC 62305-2:2010-ын B.4-ийг үзнэ үү).  b Хэрэглэгч ба олон дамжуулагч (гурван фазын + саармаг) шугамын ойролцоо шугамын сүүлчийн туйл хүртэл цохисон тохиолдолд хамааралтай утгууд.  c Агаарын шугамд хамаарах утгууд. Булсан шугамын хувьд утгыг хоёр дахин бууруулж болно.  d Давталтын индукц ба эсэргүүцэл нь өдөөгдсөн гүйдлийн хэлбэрт нөлөөлдөг. Гогцооны эсэргүүцэл ач холбогдолгүй бол 10/350 μs хэлбэрийг авна. Энэ нь индукцийн хэлхээнд шилжүүлэгч төрлийн SPD суурилуулсан тохиолдол юм. | | | | |

**Table E.2 – Expected surge overcurrents due to lightning flashes on low-voltage systems**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **LPL**  **(class)** | **Low-voltage systems** | | | |
| **Direct and indirect flashes to the service** | | **Flash near**  **the structurea** | **Flash to the structurea** |
| **Source of damage S3 (direct flash)b**  **Current shape:**  **10/350 μs**  **kA** | **Source of damage S4 (indirect flash)c**  **Current shape:**  **8/20 μs**  **kA** | **Source of damage S2 (induced current)**  **Current shape:d**  **8/20 μs**  **kA** | **Source of damage S1 (induced current)**  **Current shape:d 8/20 μs**  **kA** |
| III - IV | 5 | 2,5 | 0,1 | 5 |
| II | 7,5 | 3,75 | 0,15 | 7,5 |
| I | 10 | 5 | 0,2 | 10 |
| NOTE All values refer to each line conductor. | | | | |
| a Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in Table E.2 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m2, width = 5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure or building with LPS (kc = 0,5). For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors KS1, KS2, KS3 (see Clause B.4 of IEC 62305-2:2010).  b Values relevant to the case of the strike to the last pole of the line close to the consumer and multiconductor (three phase + neutral) line.  c Values referred to overhead lines. For buried lines values can be halved.  d  Loop inductance and resistance affect the shape of the induced current. Where the loop resistance is negligible, the shape 10/350 μs should be assumed. This is the case where a switching type SPD is installed in the induced circuit. | | | | |

**Хүснэгт E.3 - Харилцаа холбооны системд аянга цахихтай холбоотойгоор гарах ихсэх гүйдэл**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **АХТ**  **(анги)** | **Харилцаа холбооны системa** | | | |
| **Үйлчилгээнд шууд болон шууд бус цахих** | | **Байгууламжийн ойролцоо цахихa** | **Байгууламж руу цахиха** |
| **Гэмтлийн эх үүсвэр S3 (шууд цахих)c**  **Одоогийн хэлбэр: 10/350μ**  **кА** | **Гэмтлийн эх үүсвэр S4 (шууд бус цахих)d**  **Одоогийн хэлбэр:**  **8/20μs**  **кА** | **S2 гэмтлийн эх үүсвэр (өдөөгдсөн гүйдэл)**  **Одоогийн хэлбэр**  **8/20μs**  **кА** | **Гэмтлийн эх үүсвэр S1 (өдөөгдсөн гүйдэл)**  **Одоогийн хэлбэр: 8/20μs**  **кА** |
| III - IV | 1 | 0,035 | 0,1 | 5 |
| II | 1,5 | 0,085 | 0,15 | 7,5 |
| I | 2 | 0,160 | 0,2 | 10 |
| ТАЙЛБАР Бүх утга нь шугамын дамжуулагч бүрт хамаарна. | | | | |
| a Дэлгэрэнгүй мэдээллийг ITU-T зөвлөмж K.67 [6]-аас үзнэ үү.  b Давталтын дамжуулагчийн чиглүүлэлт ба индукцийн гүйдлийн хоорондох зай нь хүлээгдэж буй хэт гүйдлийн утгуудад нөлөөлдөг.  Хүснэгт E.3-ын утгууд нь том барилгад (50 м2 дарааллаар гогцооны талбай, өргөн = 5 м), байгууламжийн хананаас 1 м зайд, хамгаалалтгүй байгууламж дотор эсвэл өөр өөр чиглүүлэлт бүхий богино холболттой, хамгаалалтгүй гогцоо дамжуулагчийг хэлнэ. барилга  LPS-тэй (kc = 0,5). Бусад гогцоо ба бүтцийн шинж чанаруудын хувьд утгыг KS1, KS2, KS3 гэсэн хүчин зүйлээр үржүүлэх шаардлагатай. (IEC 62305-2:2010-ийн В.4-ийг үзнэ үү).  c Утгууд нь олон хос бүхий хамгаалалтгүй шугамуудад хамаарна. Хамгаалагдаагүй уналтын утасны хувьд утгууд 5 дахин их байж болно.  d Агаарын хамгаалалтгүй шугамд хамаарах утгууд. Оршуулсан шугамын хувьд утгыг хоёр дахин бууруулж болно. | | | | |

**Table E.3 – Expected surge overcurrents due to lightning flashes on telecommunication systems**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **LPL**  **(class)** | **Telecommunication systemsa** | | | |
| **Direct and indirect flashes to the service** | | **Flash near**  **the structureb** | **Flash to the structureb** |
| **Source of damage S3 (direct flash)c**  **Current shape: 10/350 s**  **kA** | **Source of damage S4 (indirect flash)d**  **Current shape: 8/20 s**  **kA** | **Source of damage S2 (induced current)**  **Current shape 8/20 s**  **kA** | **Source of damage S1 (induced current)**  **Current shape: 8/20s**  **kA** |
| III - IV | 1 | 0,035 | 0,1 | 5 |
| II | 1,5 | 0,085 | 0,15 | 7,5 |
| I | 2 | 0,160 | 0,2 | 10 |
| NOTE All values refer to each line conductor. | | | | |
| a Refer to ITU-T Recommendation K.67 [6] for more information.  b Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in Table E.3 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m2, width = 5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure or building with LPS (kc = 0,5). For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors KS1, KS2, KS3 (see Clause B.4 of IEC 62305-2:2010).  c Values referred to unshielded lines with many pairs. For an unshielded drop wire, values could be 5 times higher.  d Values referred to overhead unshielded lines. For buried lines values can be halved. | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Хамгаалагдсан шугамын хувьд хүснэгт E.2-т өгсөн хэт гүйдлийн утгыг 0,5 дахин бууруулж болно.  ТАЙЛБАР: Экраны эсэргүүцэл нь зэрэгцээ шугамын бүх дамжуулагчийн эсэргүүцэлтэй ойролцоогоор тэнцүү байна гэж үздэг.  **E.3.2 Шугамын ойролцоо анивчсаны улмаас үүссэн хүчдэл (гэмтлийн эх үүсвэр S4)**  Шугамын ойролцоо анивчихаас үүсэх эрч хүч нь шугамд анивчсанаас хамаагүй бага энергитэй байдаг (гэмтлийн эх үүсвэр S3).  Тодорхой аянгын хамгаалалтын түвшин (LPL) -тай холбоотой хүлээгдэж буй хэт гүйдлийг E.2 ба E.3 хүснэгтэд үзүүлэв.  Хамгаалагдсан шугамын хувьд E.2 ба E.3 хүснэгтэд өгсөн хэт гүйдлийн утгыг 0,5 дахин бууруулж болно.  **E.4 Индукцийн нөлөөллөөс үүдэлтэй өсөлт (хохирлын эх үүсвэр S1 эсвэл S2)**  **E.4.1 Ерөнхий зүйл**  Ойролцоох аянгын анивчсан (S2 эх үүсвэр) эсвэл гадаад LPS буюу LPZ 1-ийн орон зайн экран (S1)-ийн аянгын гүйдлийн улмаас үүссэн соронзон орны индукцийн нөлөөллөөс үүдэлтэй хүчдэл нь 8/20 μs гүйдлийн ердийн хэлбэртэй байна. . Ийм өсөлтийг LPZ 1-ийн доторх төхөөрөмжийн терминал ба LPZ 1/2-ийн хил дээр ойрхон эсвэл ойролцоо гэж үзнэ.  **E.4.2 Хамгаалагдаагүй LPZ доторх хүчдэл 1**  Хамгаалагдаагүй LPZ 1 дотор (жишээ нь, IEC 62305-3 стандартын дагуу зөвхөн гаднах LPS-ээр хамгаалагдсан, торон өргөн нь 5 м-ээс их) соронзон орны индукцийн нөлөөллөөс шалтгаалан харьцангуй өндөр хүчдэл үүсэх болно.  Тодорхой аянгын хамгаалалтын түвшин (LPL) -тай холбоотой хүлээгдэж буй хэт гүйдлийг E.2 ба E.3 хүснэгтэд үзүүлэв.  **E.4.3 Хамгаалагдсан АХБ доторх хэт хүчдэл**  Орон зайн үр дүнтэй хамгаалалттай АХБ дотор (IEC 62305-4:2011-ийн А хавсралтын дагуу 5 м-ээс доош торны өргөн шаардлагатай) соронзон орны индукцийн нөлөөллөөс үүсэх хүчдэл эрс багасдаг. Ийм тохиолдлуудад хэлбэлзэл нь E.4.2-т заасан хэмжээнээс хамаагүй бага байна.  АХБ 1-ийн дотор орон зайн экраны чийгшүүлэгч нөлөөнөөс болж индукцийн нөлөө бага байна.  АХБ 2-ын дотор АХБ 1 ба АХБ 2-ын орон зайн экран хоёрын каскадын нөлөөллөөс болж өсөлт нь улам багасдаг.  **E.5 SPD-тай холбоотой ерөнхий мэдээлэл**  SPD-ийн хэрэглээ нь эрчим хүчний хувьд IEC 61643-1[7], харилцаа холбооны системийн хувьд IEC 61643-21[8]-д ангилагдсан тэсвэрлэх чадвараас хамаарна.  SPD-ийг суурилуулах байршлын дагуу дараах байдлаар хэрэглэнэ.  a) Барилга байгууламж руу орох шугаман дээр (АХБ 1-ийн хил дээр, жишээ нь MB үндсэн түгээлтийн самбар дээр):  • SPD-г Iimp-ээр туршсан (ердийн гүйдлийн хэлбэр 10/350), жишээ нь. SPD-ийг I ангиллын дагуу шалгасан;  • SPD-г In-ээр шалгасан (ердийн гүйдлийн хэлбэр 8/20), жишээ нь. SPD-ийг II ангиллын дагуу шалгасан.  b) Хамгаалах төхөөрөмжид ойрхон (LPZ 2 ба түүнээс дээш шугамын хил дээр, жишээ нь SB хоёрдогч түгээлтийн самбар эсвэл SA залгуур дээр):  • SPD-г Iimp-ээр туршсан (ердийн гүйдлийн хэлбэр 10/350), жишээ нь. Эрчим хүчний SPD-ийн хувьд I ангиллын дагуу SPD туршиж үзсэн);  • SPD-г In-ээр шалгасан (ердийн гүйдлийн хэлбэр 8/20), жишээ нь. SPD-ийг II ангиллын дагуу шалгасан);  • SPD-ийг хосолсон долгионоор туршсан (ердийн гүйдлийн гүйдлийн хэлбэр 8/20), жишээ нь. SPD-ийг III ангиллын дагуу шалгасан. | For shielded lines, the values of the overcurrents given in Table E.2 can be reduced by a factor of 0,5.  NOTE It is assumed that the resistance of the shield is approximately equal to the resistance of all line conductors in parallel.  **E.3.2 Surges due to flashes near the lines (source of damage S4)**  Surges from flashes near lines have energies much lower than those associated with flashes to lines (source of damage S3).  Expected overcurrents, associated with a specific lightning protection level (LPL) are given in Tables E.2 and E.3.  For shielded lines the values of overcurrents given in Tables E.2 and E.3 can be reduced by a factor 0,5.  **E.4 Surges due to induction effects (source of damage S1 or S2)**  **E.4.1 General**  Surges due to induction effects from magnetic fields, generated either from nearby lightning flashes (source S2) or from lightning current flowing in the external LPS or the spatial shield of LPZ 1 (source S1) have a typical current shape of 8/20 μs. Such surges are to be considered close to or at the terminal of apparatus inside LPZ 1 and at the boundary of LPZ 1/2.  **E.4.2 Surges inside an unshielded LPZ 1**  Inside an unshielded LPZ 1 (e.g., protected only by an external LPS according to IEC 62305-3 with mesh width greater than 5 m) relatively high surges are to be expected due to the induction effects from the undamped magnetic field.  Expected overcurrents, associated with a specific lightning protection level (LPL) are given in Tables E.2 and E.3.  **E.4.3 Surges inside shielded LPZs**  Inside LPZs with effective spatial shielding (requiring mesh width below 5 m according to Annex A of IEC 62305-4:2011), the generation of surges due to induction effects from magnetic fields is strongly reduced. In such cases the surges are much lower than those given in E.4.2.  Inside LPZ 1 the induction effects are lower due to the damping effect of its spatial shield.  Inside LPZ 2 the surges are further reduced due to the cascaded effect of both spatial shields of LPZ 1 and LPZ 2.  **E.5 General information relating to SPDs**  The use of SPDs depends on their withstand capability, classified in IEC 61643-1[7] for power and in IEC 61643-21[8] for telecommunication systems.  SPDs to be used according to their installation position are as follows:  a) At the line entrance into the structure (at the boundary of LPZ 1, e.g. at the main distribution board MB):  • SPD tested with Iimp (typical current shape 10/350), e.g. SPD tested according to Class I;  • SPD tested with In (typical current shape 8/20), e.g. SPD tested according to Class II.  b) Close to the apparatus to be protected (at the boundary of LPZ 2 and higher, e.g. at a secondary distribution board SB, or at a socket outlet SA):  • SPD tested with Iimp (typical current shape 10/350), e.g. SPD tested according to Class I for power SPDs);  SPD tested with In (typical current shape 8/20), e.g. SPD tested according to Class II);  • SPD tested with a combination wave (typical current current shape 8/20), e.g. • SPD tested according to Class III. |

## Ном зүй

**Bibliography**

[1]IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –* *Part 1: Principles, requirements and tests*

[2]IEC61000-4-5*,          Electromagnetic              compatibility              (EMC)              –              Part              4-5:              Testing              and measurement techniques – Surge immunitytest*

[3]BERGER K., ANDERSON R.B., KRÖNINGER H*., Parameters of lightning flashes.* CIGREElectra No 41 *(1975), p. 23 –37*

[4]ANDERSON R.B., ERIKSSON A.J*., Lightning parameters for engineeringapplication*. CIGRE Electra No 69 *(1980), p. 65 – 10*

[5]IEEE *working group report, Estimating lightning performance of transmissionlines-*

*Analytical models.* IEEE Transactions on Power Delivery*, Volume 8, n. 3, July 1993*

[6]ITU-T *Recommendation K.67, Expected surges on telecommunications and signalling networks due tolightning*

[7]IEC 61643-1*, Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connectedtolow-voltagepowerdistributionsystems–Requirementsandtests*

[8]IEC 61643-21*, Low-voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testingmethods*