



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫң ҰЛТТЫҚ СТАНДАРТЫ

**Өлишегіш трансформаторлар
2-болім
ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНА АРНАЛҒАН
ҚОСЫМША ТАЛАПТАР**

**Трансформаторы измерительные
Часть 2
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТОКОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**

ҚР СТ IEC 61869-2-2013

IEC 61869-2-2012 «Instrument transformers. Part 2: Additional requirements for current transformers» (IDT)

Ресми басылым

**Қазақстан Республикасы Индустрія және жаңа технологиялар
министрлігі Техникалық реттеу және метрология комитеті
(Мемстандарт)**

Астана



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫң ҰЛТТЫҚ СТАНДАРТЫ

Өлшегіш трансформаторлар

2-бөлім

**ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНА АРНАЛҒАН
ҚОСЫМША ТАЛАПТАР**

ҚР СТ IEC 61869-2-2013

IEC 61869-2-2012 «Instrument transformers. Part 2: Additional requirements for current transformers» (IDT)

Ресми басылым

**Қазақстан Республикасы Индустрія және жаңа технологиялар
министрлігі Техникалық реттеу және метрология комитеті
(Мемстандарт)**

Астана

Алғы сөз

1 «Қазақстан метрология институты» Республикалық Мемлекеттік Кәсіпорны, «Техностандарт-НС» ЖШС негізіндегі «Инфракұрылымның инновациялық технологиялары» № 69 стандарттау жөніндегі техникалық комитеті **ӘЗІРЛЕП ЕҢГІЗДІ**

2 Қазақстан Республикасы Индустрія және технологиялар министрлігінің Техникалық реттеу және метрология комитеті Төрағасының 2013 жылғы 25 казандығы № 502-од бұйрығымен **БЕКІТІЛП ҚОЛДАНЫСҚА ЕҢГІЗЛДІ**

3 Осы стандарт IEC 61869-2-2012 «Instrument transformers. Part 2: Additional requirements for current transformers» (Өлшегіш трансформаторлар. 2-бөлім. Ток трансформаторларына арналған қосымша талаптар) стандартымен үйлестірілген.

Халықаралық стандартты ТК 38 «Өлшегіш трансформаторлары» техникалық комитеті дайындалды.

Негізінде осы ұлттық стандарт дайындалған және сілтемелер берілген халықаралық стандарттың ресми данасы Бірынғай мемлекеттік нормативтік техникалық күжаттар қорында бар.

Ағылшын тілінен аударма (en)
Сәйкестік дәрежесі – бірдей, IDT

**4 АЛҒАШҚЫ ТЕКСЕРУ МЕРЗІМІ
ТЕКСЕРУ МЕРЗІМДІЛГІ**

2018 жыл
5 жыл

5 АЛҒАШ РЕТ ЕҢГІЗЛГЕН

Осы стандартқа өзгерістер туралы ақпарат жыл сайын шығарылатын «Стандарттау жөніндегі нормативтік құжаттар» ақпараттық көрсеткішінде, ал өзгерістер мен түзетулер мәтіні – ай сайын шығарылатын «Ұлттық стандарттар» ақпараттық көрсеткішінде жарияланады. Осы стандарттың қайта қарау (ауыстыру) немесе алтын тастау жағдайында, тиісті хабарлама ай сайын шығарылатын «Ұлттық стандарттар» ақпараттық көрсеткішінде жарияланады

Осы стандарт Қазақстан Республикасы Индустрія және жаңа технологиялар министрлігінің Техникалық реттеу және метрология комитетінің рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе жартылай жаңғыртыла, таралымға шығарыла және таратыла алмайды.

Мазмұны

1	Қолданылу саласы	1
2	Нормативтік сілтемелер	1
3	Терминдер мен анықтамалар	1
4	Накты мәндері	15
5	Жобалау және жабдықтау	25
6	Сынектар	29
7	2A қосымшасы (<i>міндетті</i>)	44
8	2B қосымшасы (<i>міндетті</i>)	50
9	2C қосымшасы (<i>міндетті</i>)	68
10	2D қосымшасы (<i>ақпараттық</i>)	69
11	2E қосымшасы (<i>ақпараттық</i>)	71
12	2F қосымшасы (<i>міндетті</i>)	74

Kіріспе

ХЭК 61869-2 халықаралық стандарты, Бірінші басылым, ТК 38 «Өлшегіш трансформаторлары» техникалық комитеті дайындады.

IEC 61869-2-2012 ИСО/ХЭК директивасының 2-бөліміне сәйкес кұрастырылды.

«Өлшегіш трансформаторлар» деген жалпы атаумен басылып шығарылған ХЭК 61869 топтамасының барлық бөліктерінің тізімін ХЭК веб-сайтынан табуға болады.

Осы стандарт, 2-бөлім, өзі негізделген ХЭК 61869-1:2007 «Жалпы талаптар» стандартымен бірге пайдаланылу керек, алайда пайдаланушының аталған құжаттың жана шығарылымын пайдаланганы дұрыс болады.

Осы стандарт, 2-бөлім, ХЭК 61869-1:2007 стандартының күрылымын ұстану керек; ол соңғысының тиісті бөлімшелерін толықтырады немесе өзгертерді.

Егер 1-бөлімнің накты тармагы/тармақшасы осы 2-бөлімде аталмаса, онда сол тармак/тармақша мақсатқа сәйкес қолданылады.

Қосымша тарақтар, тармақшалар, суреттер, кестелер, қосымшалар немесе ескертүлер үшін мынадай номірлеу жүйесі пайдаланылады:

- 201-ден бастап номірленген тармақтар, тармақшалар, кестелер, суреттер және ескертүлер 1-бөлімнің тармақтарына, кестелері мен суреттеріне қатысты қосымша болып табылады;

- толықтырылған қосымшалар былайша номірленеді: 2A, 2B және т.б.

ХЭК ТК 38 Техникалық комитеті шығарған стандарттардың жаңартылған тізімі мына веб-сайтта қолжетімді: www.iec.ch.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҰЛТТЫҚ СТАНДАРТЫ

Өлшегіш трансформаторлар

2-бөлім

**ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНА АРНАЛҒАН ҚОСЫМША
ТАЛАПТАР**

Енгізілген күні 2014-07-01

1 Қолданылу саласы

Осы стандарт 15 Гц бастап 100 Гц дейінгі нақтылы жиіліктері бар электрлік өлшеу құралдарымен және/немесе электрлік қорғаныс құрылғыларымен бірге пайдалануға арналған жаңадан дайындалған индукциялы ток трансформаторларына таралады.

2 Нормативтік сілтемелер

Осы стандартты қолдану үшін келесі сілтемелік құжаттар қажет. Күні қойылған стандарттар үшін аталған сілтемелік құжаттың басылымы ғана, ал күні қойылмаған стандарттар үшін сілтемелік құжаттың соңғы басылымы ғана (барлық өзгертулерімен бірге) қолданады.

IEC 61869-1:2007 Instrument transformers. Part 1: General requirements (Өлшегіш трансформаторлар. 1-бөлім. Жалпы талаптар).

ЕСКЕРТПЕ Осы стандартты пайдаланған кезде сілтемелік стандарттардың ағымдағы жылдамдық күйіне қатысты грекет етуін жыл сайын жарияланатын «Стандарттау жөніндегі нормативтік құжаттар» ақпараттық корсеткіші бойынша және ағымдағы жылды басыт шығарылған ал сайын жарияланатын ақпараттық корсеткіші бойынша тексерген жөн. Егер сілтемелік құжат аудиостырылған (озгерілген) болса, онда осы стандартты пайдаланған кезде аудиостырылған (озгерілген) құжаттың басылымы қа алған жөн. Егер сілтемелік құжат аудиостырылмай күші жойылған болса, онда осы сілтеме берілген ереженің осы сілтемеге қатысты емес болігі ғана қолданылады.

3 Терминдер мен анықтамалар

Осы стандартта IEC 61869-1 бойынша терминдер, сондай-ақ келесі терминдер анықтамаларына сәйкес қолданылады:

3.1 Жалпы анықтамалар

3.1.201 **Ток трансформаторы** (Current transformer): Қалыпты пайдалану кезінде қайталама орамның тоғы бастапқы орамның тоғына іс жүзінде мөлшерлес және байланыстың тиісті бағыты үшін шамамен нөлге тең бұрышқа қатысты фаза бойынша одан айрықшаланады.

Ресми басылым

КР СТ IEC 61869-2-2013

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-01)

3.1.202 Өлшегіш ток трансформаторы (Measuring current transformer):

Өлшеу құралдары мен есептегіштеріне ақпараттық дабылды таратуға арналған ток трансформаторы.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-18)

3.1.203 Қорғаныс ток трансформаторы (Protective current transformer):

Ақпараттық дабылды қорғаныс және басқару күрылғыларына таратуға арналған ток трансформаторы.

(Дереккөз: IEC 60050-321: 1986, 321-02-19)

3.1.204 Р класти қорғаныс ток трансформаторы (Class P protective current transformer): Симметриялық қысқа тұйықталу орын алған жағдайда қанығу серпіні анықталған магниттік ағыстың шегі жоқ қорғаныс ток трансформаторы.

3.1.205 PR класти қорғаныс ток трансформаторы (Class PR protective current transformer): Симметриялық қысқа тұйықталу орын алған жағдайда қанығу серпіні анықталған магниттік ағыстың шегі бар қорғаныс ток трансформаторы.

3.1.206 PX класти қорғаныс ток трансформаторы (Class PX protective current transformer): Қайталама орамның қоздыру және кедергі сипаттамаларын, қайталама жүктеменің кедергісін және трансформация коэффициентін білу ол алдағы уақытта пайдаланылатын релелік қорғаныс жүйесіне қатысты әрекет етуі үшін жеткілікті болатын қалған магниттік ағыска катысты шекіз тәмен реактивтік шашырау кедергісі бар қорғаныс ток трансформаторы.

3.1.207 PXR класти қорғаныс ток трансформаторы (Class PXR protective current transformer): Қайталама орамның қоздыру және кедергі сипаттамаларын, қайталама жүктеменің кедергісін және трансформация коэффициентін білу ол алдағы уақытта пайдаланылатын релелік қорғаныс жүйесіне қатысты әрекет етуі үшін жеткілікті болатын қалған магниттік ағыска катысты шекіз тәмен реактивтік шашырау кедергісі бар қорғаныс ток трансформаторы.

1 ЕСКЕРТПЕ Әлсіз тұракты токтар ток трансформаторлар арқылы үздіксіз өтетін жағдай туындаған кезде ток трансформаторының шамадан тыс қанығуына жол бермеу үшін ауа санылауы бар трансформаторлар пайдаланылады, бірақ олардың сипаттамалары РХ класының сипаттамаларынан өзгеше болу керек.

2 ЕСКЕРТПЕ Қалдық магнетизмді тәмемдегүе арналған ауа санылаулары жогары реактивтік кедергісі бар трансформаторларды шашыратуға міндепті түрде әкеп сокпауы мүмкін (2С қосымшасын қараңыз).

3.1.208 TPX класти айнымалы сипаттамаларға арналған қорғаныс ток трансформаторы (Class TPX protective current transformer for transient performance): Қысқа тұйықталудың айнымалы тоғы болған жағдайда қанығу серпіні лездік кемшіліктің амплитудалық мәнімен анықталатын қалдық магниттік ағыска катысты шегі жоқ қорғаныс ток трансформаторы.

3.1.209 TPY класти айнымалы сипаттамаларға арналған қорғаныс ток трансформаторы (Class TPY protective current transformer for transient performance): Қыска түйікталудың айнымалы тоғы болған жағдайда қанығу серпіні лездік кемшіліктің амплитудалық мәнімен анықталатын қалдық магниттік ағысқа қатысты шегі бар қорғаныс ток трансформаторы.

3.1.210 TPZ класти айнымалы мәндерге арналған қорғаныс ток трансформаторы (Class TPZ protective current transformer for transient performance): Қыска түйікталудың айнымалы тоғы болған жағдайда қанығу серпіні кемшіліктің айнымалы құрамдас бөлігінің амплитудалық мәнінен анықталатын белгіленген қайталама орамның тұрақты уақыты бар қорғаныс ток трансформаторы.

3.1.211 Дірілдеу коэффициенті бар ток трансформаторы (Selectable-ratio current transformer): Бастапқы орамның секцияларын ауыстырып-қосу жолымен және/немесе қайталама орамда тарамдалу арқылы трансформацияның бірнеше коэффициенті алынатын ток трансформаторы.

3.3 Нәктылы токпен байланысты анықтамалар

3.3.201 Бастапқы орамның нәктылы тоғы (Rated primary current) I_{pr} : Трансформатордың жұмыс сипаттамалары негізделген бастапқы орам тоғының мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-01-11, түрлендірілген атая, синоним және анықтама)

3.3.202 Қайталама орамның нәктылы тоғы (Rated secondary current) I_{sr} : Трансформатордың жұмыс сипаттамалары негізделген қайталама орам тоғының мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-01-15, түрлендірілген атая, синоним және анықтама)

3.3.203 Жылуға төзімділіктің нәктылы тоғы (Rated short-time thermal current) I_{st} : Белгіленген қыска уақыт ішінде трансформатор қайталама орамның өте қыска түйікталуының салдарынан орын алғатын зиянды әсерлерден зақымдалмай, шыдайтын бастапқы орамның максималды мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-22)

3.3.204 Нәктылы жұмыс тоғы (Rated dynamic current) I_{dyn} : Қайталама орам өте қыска түйікталған кезде электромагниттік күштердің нәтижесінде трансформатор электрлік немесе механикалық зақымдалмай, шыдайтын бастапқы орам тоғының максималды амплитудалық мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-24)

3.3.205 Үздіксіз жылу тоғы (Continuous thermal current) I_{cth} : Бастапқы орамда, нәктылы жүктемен жалғасқан қайталама орамда, белгіленген мәндерден аспайтын температурадан аспай, үздіксіз өтуге рұқсат етілген тоқтың мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-25)

КР СТ IEC 61869-2-2013

3.3.206 **Бастапқы орамның қыска түйікталуының нактылы тоғы** (Rated primary short-circuit current) I_{psc} : Ток трансформаторының дәлдік сипаттамалары негізделген бастапқы орамның қыска түйікталуының айнымалы тоғының айнымалы күрмадас беліктерінің орташа квадраттық мәні.

1 ЕСКЕРТПЕ I_{th} жылу шегімен байланысты болған кезде I_{psc} дәлдік шегімен байланысты, Әдетте, I_{th} караганда I_{psc} азырақ.

3.3.207 **Қамтушы ток** (Exciting current) I_e : Бастапқы және қайталама орамда өте қыска түйікталған кезде нактылы жиіліктің синусоидалдық кернеуі ток трансформаторының қайталама орамынан алынған тоқтың орташа квадраттық мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-32)

3.4 Дәлдікпен байланысты анықтамалар

3.4.3 **Трансформация коэффициентінің кемшілігі** (Ratio error) ε : IEC 61869-1 бойынша 3.4.3 анықтамалары Ескертпеге сәйкес қолданылады:

ЕСКЕРТПЕ: Пайызбен берілген ток бойынша беріліс коэффициентінің кемшілігі мына формуламен анықталады:

$$\varepsilon = \frac{k_r I_s - I_p}{I_p} \times 100 \%$$

мұндағы, k_r – трансформацияның нактылы коэффициенті;

I_p – бастапқы орамның нактылы тоғы;

I_s – өлшеу шартында I_p өткен кездең қайталама орамынң нактылы тоғы.

Түсіндірме векторлық диаграмма 2А.1 берілген.

3.4.4 **Фазаның ығысуы** (Phase displacement) $\Delta\varphi$: IEC 61869-1 бойынша 3.4.4 анықтама қосымшага сәйкес қолданылады:

1 ЕСКЕРТПЕ Түсіндірме векторлық диаграмма 2А.1 берілген.

3.4.201 **Нактылы резистивтік жүктеме** (Rated resistive burden) R_b : Қайталама орамға жалғанған резистивтік жүктеменің нактылы мәні, Оммен өлшеннеді.

3.4.202 **Қайталама орамның кедергісі** (Secondary winding resistance) R_{ct} : қайталама орамның 75°C-ге немесе анықталғандай, басқа температураға түзетілген, Оммен өлшеннестін тұрақты токқа қатысты нақты кедергісі.

1 ЕСКЕРТПЕ Сөздік макалада: R_{ct} – нактылы мәні. Оны R_{ct} арналған жоғарғы шекпен шатастырмаған жөн, себебі оған басқа тәсілмен белгіленуі мүмкін.

3.4.203 **Толық кемшілік** (Composite error) ε_C : Белгіленген шарттарда орташа квадраттық мәні төмендегілердің айырмашылығымен белгіленеді:

- а) бастапқы орам тоғының лездік мәндері;
 б) трансформацияның нақтылық коэффициентіне көбейтілген қайталама орамның нақтылық тоғының лездік мәндері, бастапқы және қайталама орам тоқтарының оң мәндері клеммаларды таңбалашу жөніндегі келісімге сәйкес келеді.

1-ЕСКЕРТПЕ Жалпы жағдайда толық кемшілік ε_c бастапқы орам тоғының орташа квадраттық мәнінің пайызы ретінде айқындалады:

$$\varepsilon_c = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (k_r i_s - i_p)^2 dt}}{i_p} \times 100\%$$

ұндағы, k_r - трансформацияның нақтылық коэффициенті;

I_p - бастапқы орам тоғының орташа квадраттық мәні;

i_p - бастапқы орам тоғының лездік мәні;

i_p - қайталама орам тоғының лездік мәні;

T - бір циклдің үзактығы.

Қосымша түсініктерді 2A.4 қараныз.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-26, сөздік мақалаға қатысты өзгертилген қосымша)

3.4.204 Аспаптың бастапқы орамының нақтылық шекті тоғы (Rated instrument limit primary current) I_{PL} : Өлшеуши трансформатордың толық кемшілігі 10 %-ға тең немесе артық болатын бастапқы орамының минималды тоғының мәні, бұл арада қайталама жүктеме нақтылық жүктемеге тең.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-27)

3.4.205 Аспаптың қауіпсіздік коэффициенті (Instrument security factor) FS : Аспаптың бастапқы орамының нақтылық шекті тоғының бастапқы орамының нақтылық тоғына қатынасы.

1 ЕСКЕРТПЕ Аспаптың нақтылық қауіпсіздік коэффициентіне жүктеме әсер етеді. Егер жүктеменің мәні нақтылық мәнінен айтарлықтай кем болса, онда қысқа тұйықталу тоғы болған жағдайда қайталама жақта тоқтың үлкен мәндері туындастын болады.

2 ЕСКЕРТПЕ Жүйенін қысқа тұйықталу тоқтары ток трансформаторының бастапқы орамы арқылы өткен жағдайда аспаптың нақтылық қауіпсіздік коэффициенті (FS) өзінің ең төменгі деңгейінде болған кезде трансформатордан қуаттанатын аспаптың қауіпсіздігі өзінің ең жоғарғы деңгейінде болады.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-28, сөздік мақалаға қатысты өзгертилген қосымшалар)

3.4.206 Өлшеуши ток трансформаторларына арналған қайталама орамының шекті ЭҚК (Secondary limiting e.m.f. for measuring current transformers) E_{FS} : Аспаптың қауіпсіздік коэффициентінің FS , қайталама орамының нақтылық тоғының және нақтылық жүктеменің векторлар сомасының және қайталама орамының импедансының туындысы.

КР СТ IEC 61869-2-2013

1-ЕСКЕРТПЕ Өлшеуші ток трансформаторларына E_{FS} арналған қайталама орамның шекті ЭКК келесі тәсілмен есептеледі:

$$E_{FS} = FS \times I_{sr} \times \sqrt{(R_{ct} + R_b)^2 + X_b^2}$$

мұндағы, R_b - нақтылы жүктеменің резистивтік бөлігі;

X_b – нақтылы жүктеменің индукциялық бөлігі.

Осы тәсіл шынайы мәнінен асатын мәні береді. Ол қорғаныс ток трансформаторлары үшін пайдаланылатын сынау тәсілдеріне қолдану үшін тандалды. 7.2.6.202 және 7.2.6.203 қараныз.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-31, сөздік мақалаға қатысты өзгерілген атау, синоним және ЕСКЕРТПЕ)

3.4.207 Шекті дәлдіктің бастапқы орамының нақтылы тоғы (Rated accuracy limit primary current): Оған дейін ток трансформаторы толық кемшілік талаптарына сәйкес келетін бастапқы орам тоғының мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-29)

3.4.208 Дәлдік бойынша шекті еселік (Accuracy limit factor) ALF : Шекті дәлдіктің бастапқы орамының нақтылы тоғының бастапқы орамының нақтылы тоғына қатынасы.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-30)

3.4.209 Қорғаныс ток трансформаторларына арналған қайталама орамының шекті ЭКК (Secondary limiting e.m.f. for protective current transformers) E_{ALF} : Дәлдік бойынша шекті еселіктің, қайталама орамының нақтылы тоғының және нақтылы жүктеме мен қайталама орам импедансының векторлық сомасының туындысы.

ЕСКЕРТПЕ Р және PR, E_{ALF} класты қорғаныс ток трансформаторларына арналған векторлық орамының шекті ЭКК келесі тәсілмен есептеледі:

$$E_{ALF} = ALF \times I_{sr} \times \sqrt{(R_{ct} + R_b)^2 + X_b^2}$$

мұндағы, R_b – нақтылы жүктеменің резистивтік бөлігі;

X_b – нақтылы жүктеменің индукциялық бөлігі.

3.4.210 Қанығу ағысы (Saturation flux) Ψ_{sat} : Ток трансформаторындағы өзекше материалының магниттік қанығуына сәйкес келетін ток трансформаторындағы қайталама орамының ағысымен байланысты максималды мәні.

1 ЕСКЕРТПЕ Қанығу ағысын Ψ_{sat} анықтау бойынша ең сай келетін рәсім 2B.2.3 сипатталған түркіткі токпен қанығу тәсілі шегінде берілген.

2 ЕСКЕРТПЕ Бұрынғы IEC 60044-6 стандартында Ψ_s бүгілу нүктесінің мәні ретінде анықталған, ол өзекшенің қанықпаған күйден толыктай қаныққан күйге ауысуымен сипатталған. Бұл анықтама қабылданған жоқ, себебі қанығу дәрежесі тым төмен болды, бұл түсініспеушілікке және кедергілерге әкеп соқты, осыған байланысты толық қанығу шарттарын анықтайтын Ψ_{sat} алмастырылды.

3.4.211 **Қалдық ағыс** (Remanent flux) Ψ_r : Қанығу ағысын (Ψ_{sat}) тудыру үшін жеткілікті магниттеу шамасының тоғы үзілгеннен кейінгі 3 минуттен соң өзекшеде қалатын қайталама орамның ағысымен байланысты мәні.

3.4.212 **Тік бұрыштық коэффициенті** (Remanence factor) K_R : Қалдық магниттік ағыстың пайызбен берілген қанығу ағысына қатынасы.

3.4.213 **Екіншілік ілмек уақытының тұрақты мәні** (Secondary loop time constant) T_s : Магниттелу мен шашырау (L_s) индукциялығының және қайталама орамның кедергісінің (R_s) сомасынан алғынған ток трансформаторының қайталама ілмек уақытының тұрақты мәні.

$$T_s = L_s/R_s$$

3.4.214 **Қоздыру сипаттамасы** (Excitation characteristic): Қоздыру тоғының орташа квадраттық мәні мен ток трансформаторының қайталама орамының клеммаларына қосымша ретінде берілген, синусоидалық кернеу арасындағы графикалық немесе кестелік көрініс, олардың бастапқы және баска да орамдары мәндер ерісі бойынша қоздырудың төменгі деңгейнен ЭҚҚ бүтілу нүктесіне көбейтілген 1.1 дейін анықтауға мүмкіндік береді.

3.4.215 **Бүгілу нүктесінің кернеуі** (Knee point voltage): 10 %-га ұлғайтылу арқылы қоздыру тоғының орташа квадраттық мәнінің 50 %-га ұлғаюына ықпал ететін барлық қалған клеммалары ажыратылған трансформатордың қайталама орам клеммаларына жалғанған нақты кернеу кезіндегі синусоидалық кернеудің орташа квадраттық мәні.

(Дереккөз: IEC 60050-321:1986, 321-02-34)

3.4.216 **Бүгілу нүктесінің ЭҚҚ** (Knee point e.m.f.): 10 %-га ұлғайтылу арқылы қоздыру тоғының орташа квадраттық мәнінің 50 %-га ұлғаюына ықпал ететін нақтылы кернеу кезіндегі ток трансформаторының ЭҚҚ.

ЕСКЕРТПЕ Бүгілу нүктесінің кернеуі ток трансформаторының қайталама орамының клеммаларына жалғануы мүмкін болған кезде бүтілу нүктесінің ЭҚҚ тікелей колжетімді болып табылмайды. Кернеу төмендеуінін қайталама орамның кедергісіне болмаши әсер еткендігінен кернеудің мағынасы мен бүгілу нүктесінің ЭҚҚ тен болып есептеледі.

3.4.217 **Бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ** (Rated knee point e.m.f.) E_k : Бүгілу нүктесі ЭҚҚ-н төменгі шегі.

ЕСКЕРТПЕ Бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ РХ және RXR класти корғаныс ток трансформаторларының айрықшаларында пайда болады. Оны мынадай тәсілмен есептеуге болады:

$$E_k = K_x \times (R_{ct} + R_b) \times I_{Sr}$$

3.4.218 **Байламдардың аракатынасы бойынша трансформацияның нақтылы коэффициенті** (Rated turns ratio): Негізгі контур байламдарының қайталама контур байламдарының санына белгіленген қатынасы.

КР СТ IEC 61869-2-2013

1 МЫСАЛ 1/600 (қайталама контурдың 600 орамына қатысты негізге контурдың 1 байламын білдіреді).

2 МЫСАЛ 2/1200 (қайталама контурдың 1200 орамына қатысты негізге контурдың 2 байламын білдіреді).

1 ЕСКЕРТПЕ Байламдардың арақатынасы бойынша трансформацияның нақтылы коэффициенті РХ және РХР класти қорғаныс ток трансформаторларының айрықшаларында пайда болады.

2 ЕСКЕРТПЕ Байламдардың арақатынасы бойынша трансформацияның нақтылы коэффициенті және нақтылы трансформация коэффициенті бастапқы нысандардың қайталама нысандарға қатынасы ретінде анықталды. Егер оларды салыстыру қажет болса, онда нақтылы трансформация коэффициентін интервациялау қажет.

3.4.219 Трансформация коэффициентінің кемшілігі (Turns ratio error):
Нақтылы трансформация коэффициентінің байламдарға арақатынасы бойынша пайзымен айқындалған байламдардың арақатынасы бойынша нақтылы трансформация коэффициенті мен байламдардың арақатынасы бойынша нақтылы коэффициенті арасындағы айырмашылық.

3.4.220 Өлшемді коэффициент (Dimensioning factor) K_x : Куат жүйесінде жаңылыстар, соның ішінде беріктік қорларындағы жаңылыстар болған жағдайда, сондай-ақ трансформатордан пайдалану талаптарына сәйкестігі талап етілетінге дейінгі жағдайлар орын алған кезде туындағы қайталама орамның нақтылы тоғын (I_{sr}) көбейткішті көрсетуге арналған коэффициент.

ЕСКЕРТПЕ 3.4.217 формуласын қараныз.

3.4.221 Лездік айырмашылық тоғы (Instantaneous error current):
Нақтылы трансформация коэффициенті (k_r) мен бастапқы орам тоғына (i_p) көбейтілген қайталама орам тоғының лездік мәндері арасындағы айырмашылық:

$$i_e = k_r \times i_s - i_p$$

ЕСКЕРТПЕ Айнымалы тоқтың құрамдас бөліктері де (i_{sac} , i_{pac}), тұрақты тоқтың құрамдас бөліктері де (i_{eac} , i_{edc}) болған кезде құрылымындағы құрамдас бөліктер келесі тәсілмен анықталады:

$$i_e = i_{eac} + i_{edc} = (k_r \times i_{sac} - i_{pac}) + (k_r \times i_{sdc} - i_{pdc})$$

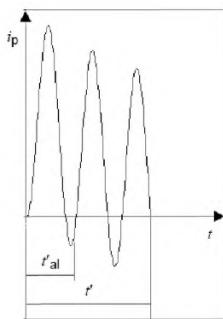
3.4.222 Лездік кемшіліктің амплитудалық мәні (Peak instantaneous error) $\hat{\varepsilon}$: Бастапқы орамның қыска түйікталуының нақтылы тоғының амплитудалық мәнінің пайзы ретінде айқындалған белгілі жұмыс циклінің лездік кемшілік тоғының (3.4.221 қараныз) амплитудалық мәні (i_e):

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\hat{i}_e}{\sqrt{2 \times I_{psc}}} \times 100 \%$$

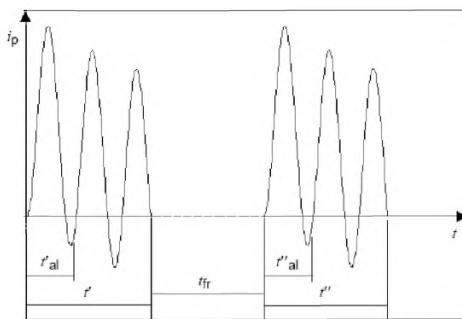
3.4.223 Кемшіліктің айнымалы құрамдас бөлігінің амплитудалық мәні (Peak alternating error component) $\hat{\varepsilon}_{ac}$: Бастапқы орамның қыска түйіктауының нактылы тоғының амплитудалық мәнінің пайызы ретінде айқындалған лездік кемшілік тоғының айнымалы құрамдас бөлігінің амплитудалық мәні i_{cas} :

$$\hat{\varepsilon}_{ac} = \frac{\hat{i}_{cas}}{\sqrt{2} \times I_{psc}} \times 100 \%$$

3.4.224 Белгіленген жұмыс циклі (С-O және/немесе С-O-C-O) (Specified duty cycle (C-O and / or C-O-C-O)): Қуат берілісінің әр белгіленген уақытында бастапқы орамның қыска түйіктау тоғының анағұрлым қолайлы бастапқы бүрышы бар деп болжанатын жұмыс циклі (201-суретті қараныз).



C-O



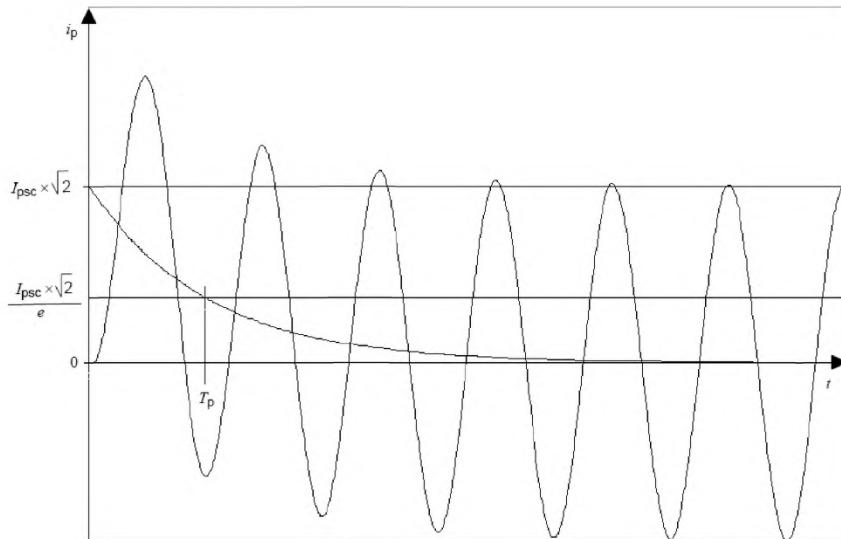
C-O-C-O

IEC 1547/12

ХЭК 1547/12

1 Сурет 201 – Жұмыс циклдері

3.4.225 Бастапқы контур уақытының белгіленген тұрақты мәні (Specified primary time constant) T_p : Ток трансформаторының айнымалы жұмыс сипаттамалары негізделген бастапқы орамның қыска түйіктау тоғының тұрақты құрамдас бөлігінің белгіленген тұрақты мәні (202-суретті қараныз).



ХЭК 1548/12

2 Сурет 202 – Бастапқы контур уақытының T_p тұрақты мәні

3.4.226 Бірінші қысқа түйықталудың ұзактығы (Duration of the first fault) t' : С-О жұмыс циклінің немесе С-О-С-О жұмыс цикліндегі бірінші қысқа түйықталудың ұзактығы.

ЕСКЕРТПЕ 201-суретті караңыз.

3.4.227 Екінші қысқа түйықталудың ұзактығы (Duration of the second fault) t'' : С-О-С-О жұмыс циклінде екінші қысқа түйықталудың ұзактығы.

ЕСКЕРТПЕ 201-суретті караңыз.

3.4.228 Бірінші қысқа түйықталудағы шекті дәлдікке дейінгі белгіленген уақыт (Specified time to accuracy limit in the first fault) t'_{al} : Белгіленген дәлдік ұсталаудың тиіс С-О жұмыс циклінің немесе С-О-С-О жұмыс циклінің куат алғаш рет берілген кезеңі.

ЕСКЕРТПЕ 201-суретті караңыз. Осы уақыт аралығы байланыскан корғаныс сыйзбасының сыни уақыт өлшемімен анықталады.

3.4.229 Екінші қысқа тұйықталу кезінде шекті дәлдікке дейін белгіленген уақыт (Specified time to accuracy limit in the second fault) t''_{al} : Белгіленген дәлдік ұсталуы тиіс С-О-С-О жұмыс циклінің екінші қуат берілісінің кезеңі.

ЕСКЕРТПЕ 201-суретті қараныз. Осы уақыт аралығы байланысқан қорғаныс сыйбасының сыни уақыт өлшемімен анықталады.

3.4.230 Қысқа тұйықталудың қайталану уақыты (Fault repetition time) t_{ff} : Ақауды сәтсіз жойған жағдайда автоматты сөндіргішті автоматты түрде қайталап сөндірудің жұмыс циклі кезінде бастапқы орамның қысқа тұйықталу тоғының үзіліүі мен қайтадан жалғануы арасындағы уақыт аралығы.

ЕСКЕРТПЕ 201-суретті қараныз.

3.4.231 Қайталама ілмектің кедергісі (Secondary loop resistance) R_s : Қайталама контурдың толық кедергісі

$$R_s = R_b + R_{ct}$$

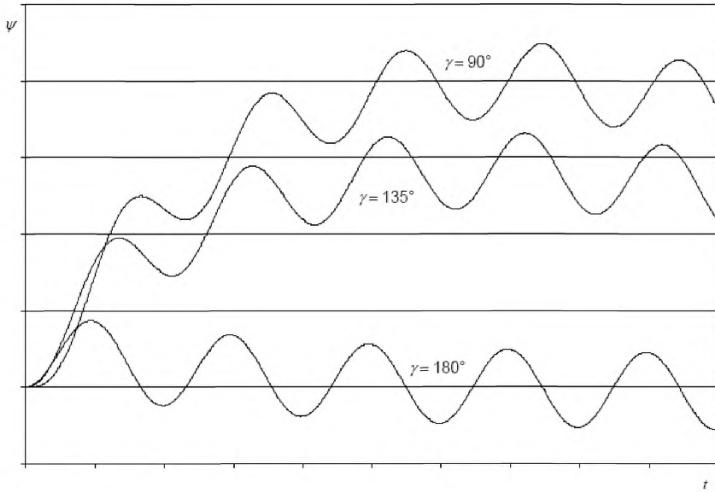
3.4.232 Қысқа тұйықталу тоғының нақтылы симметриялық коэффициенті (Rated symmetrical short-circuit current factor) K_{ssc} : Бастапқы орамның қысқа тұйықталудының нақтылы тоғының бастапқы орамның нақтылы тоғына қатынасы

$$K_{ssc} = \frac{I_{psc}}{I_{pr}}$$

3.4.233 Айнымалы коэффициент (Transient factor) K_{tf} : Жұмыс цикліндегі белгіленген уақыт сәтінде қайталама орамның байланысқан ағысының оның тұрақты құрамдас болігінің амплитудалық мәніне қатынасы.

1 ЕСКЕРТПЕ K_{tf} қысқы тұйықталу пайда болған сәттегі T_p , T_s , жұмыс цикліне және бұрышқа байланысты әр түрлі формулалардың көмегімен талдау арқылы есептеледі. K_{tf} анықтамасы 2В.1 қосымшасында берілген.

2 ЕСКЕРТПЕ 203-суретте қысқа тұйықталу пайда болған сәtte γ әр түрлі бұрыштары үшін қайталама байланысқан ағыстың ықтимал траекториялары көрсетілген.



ХЭК 1549/12

3 Сурет 203 - Қысқа тұйықталу пайда болған сәтте γ әр түрлі бұрыштары үшін қайталама байланысқан ағыс

3.4.234 Айнымалы өлшемдік коэффициент (Transient dimensioning factor) K_{td} : Бастапқы орамның қысқа тұйықталу тоғының тұрақты құрамадас бөліктерінің салдарынан қайталама байланысқа токтың ұлғаюын есепке алуға арналған өлшемдік коэффициент.

ЕСКЕРТПЕ Коэффициент K_{tf} уақыт атқарымы аныкталған кезде K_{td} дефинитивтік өлшемдік параметр болып табылады, K_{td} реле өндірушісі тағайындалған (реленің төзімділік типтерін сыйнау бойынша алғынған) немесе K_{tf} кисыктарына негізделген ең нашар шарттардан карастырылған ток трансформаторына койылатын талаптардан туындаиды (2В.1 караңыз).

3.4.235 Төмен реактивтік шашырау кедергісі бар ток трансформаторы (Low-leakage reactance current transformer): Қайталама орамның клеммаларында (бастапқы орамның клеммалары ажыратылған кезде) жасалған синаулар оның қажетті дәлдік шектеріне дейінгі қорғаныс сипаттамаларын бағалау үшін жеткілікті болатын ток трансформаторы.

3.4.236 Жоғары реактивтік шашырау кедергісі бар трансформатор (High-leakage reactance current transformer): 3.4.235 анықтаманың талаптарына сай келмейтін және өндіруші токтың қосымша шашырауына әкеп соғатын әсерлерді ескеретін қосымша шарттар жасаған ток трансформаторы.

3.4.237 Қайталама контурдың нақтылы баламалы шекті ЭКК (Rated equivalent limiting secondary e.m.f.) E_{al} : Белгіленген жұмыс циклінің талаптарын орындау үшін қажет нақтылы жиілік кезінде қайталама контурдың баламалы ЭКК-н орташа квадраттық мәні:

$$E_{al} = K_{ssc} \times K_{td} \times (R_{ct} + R_b) \times I_{sr}$$

3.4.238 E_{al} кезіндегі қайталама орамның қоздыру тоғының амплитудалық мәні (Peak value of the exciting secondary current at E_{al}) \hat{I}_{al} : Бастапқы орам ажыратылған кезде E_{al} сәйкес келетін кернеу қайталама орамның клеммаларына жалғанған кездегі токтың амплитудалық мәні.

3.4.239 Құрылым коэффициенті (Factor of construction) F_c : Тікелей сынаулар мен жанама сынаулар арасындағы шекті шарттар кезінде өлшенген нәтижелердегі ықтимал айырмашылықтарды бейнелейтін коэффициент.

ЕСКЕРТПЕ Өлшеу рәсімі 2B.3.3 сәйкес.

Қысқартулар индексі

IEC 61869-1 стандартының 3.7 тармағы келесі кестемен алмастырылды.

AIS	- аяу оқшаулағышы бар үлестіргіш құрал
ALF	- дәлдік бойынша шекті есептік
CT	- ток трансформаторы
CVT	- сыйымдықты кернеу трансформаторы
E_{al}	- қайталама контурдың нақтылы баламалы шекті ЭКК
E_{ALF}	- Р және PR класти қорғаныс ток трансформаторларына арналған қайталама орамның шекті ЭКК
E_{FS}	- өлшегіш ток трансформаторларына арналған қайталама орамның шекті ЭКК
E_k	- бүгілу нүктесінің нақтылы ЭКК
F	- механикалық жүктеме
F_C	- құрылым коэффициенті
f_R	- нақтылы жиілік
F_{rel}	- жылыстаудың салыстырмалы жылдамдығы
FS	- аспап қауіпсіздігінің коэффициенті
GIS	- газды оқшаулағышы бар үлестіргіш құрылғы
\hat{I}_{al}	- E_{al} қайталама орамы кезіндегі қоздыру тоғының амплитудалық мәні
I_{eth}	- нақтылы үздіксіз жылу тоғы

КР СТ IEC 61869-2-2013

Кесте (жалғасы)

I_{dyn}	- нақтылы жұмыс тоғы
I_e	- қоздыру тоғы
I_{PL}	- аспаптың бастапқы орамының нақтылы шекті тоғы
I_{pr}	- бастапқы орамның нақтылы тоғы
I_{psc}	- бастапқы орамның қысқа тұйықталуының нақтылы тоғы
I_{sr}	- қайталама орамының нақтылы тоғы
IT	- өлшегіш трансформатор
I_{th}	- жылуға тәзімді нақтылы ток
i_ε	- лездік айырмашылық тоғы
k	- трансформацияның деректі коэффициенті
k_t	- трансформацияның нақтылы коэффициенті
K_R	- тік бұрыштық коэффициенті
K_{ssc}	- қысқа тұйықталу тоғының нақтылы симметриялық коэффициенті
K_{ld}	- айнымалы өлшемдік коэффициент
K_{tf}	- айнымалы коэффициент
K_x	- өлшемдік коэффициент
L_m	- магниттелу индукциялығы
R_b	- нақтылы резистивтік жүктеме
R_{ct}	- қайталама орамының кедергісі
R_s	- қайталама орамының кедергісі
S_r	- нақтылы қуаттылық
t'	- бірінші қысқа тұйықталудың ұзақтығы
t''	- екінші қысқа тұйықталудың ұзақтығы
t'_{al}	- бірінші қысқа тұйықталу кезіндегі шекті дәлдікке дейін белгіленген уақыт
t''_{al}	- екінші қысқа тұйықталу кезіндегі шекті дәлдікке дейін белгіленген уақыт
t_{fr}	- қысқа тұйықталудың қайталану уақыты
T_p	- бастапқы контур уақытының белгіленген тұрақты мәні
T_s	- қайталама орам уақытының тұрақты мәні

Кесте (жалғасы)

U_m	- жабдықта арналған ең жоғары кернеу
U_{sys}	- жүйеге арналған ең жоғары кернеу
VT	- кернеу трансформаторы
$\Delta\varphi$	- фазалардың ығысы
ε	- трансформация коэффициентінің кемшілігі
ε_c	- толық кемшілік
$\hat{\varepsilon}$	- лездік кемшіліктің амплитудалық мәні
$\hat{\varepsilon}_{ac}$	- кемшіліктің айнымалы құрамдас бөлігінің амплитудалық мәні
ψ_r	- қалған ағыс
ψ_{sat}	- қанығу ағысы

4 НАҚТЫЛЫ МӘНДЕР**4.3 Оқшаулаудың нақтылы деңгейлері****4.3.2 Барапқы орам клеммаларының оқшаулануының нақтылы деңгейі**

4.3.2 IEC 61869-1 сәйкес мыналарды ескере отырып:

Бастапқы орамсыз және барапқы орамның өзіндік оқшаулауы жоқ ток трансформаторы үшін $U_m = 0,72$ кВ мәні қабылданады.

4.3.5 Қайталама орамның клеммаларына қойылатын талаптар

4.3.5 IEC 61869-1 сәйкес мыналарды ескере отырып:

Бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ $E_k \geq 2$ кВ болатын, RX класы мен PXR класының ток трансформаторларының қайталама орамының оқшаулануы орташа квадраттық мәні 5 кВ болатын сызықтың нақтылы жиілікті кернеуі кезінде 60 с бойы шыдай алатында болу керек.

4.3.201 Байламаралық оқшаулауға қойылатын талаптар

Байламаралық оқшаулау үшін нақтылы шыдайтын кернеу амплитудалық мәнінің 4,5 кВ болу керек.

Бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ 450 В болатын RX класты және PXR класты ток трансформаторлары үшін байламаралық оқшаулау үшін нақтылы шыдайтын кернеу белгіленген бүгілу нүктесінің 10-еселік орташа квадраттық мәнінің амплитудалық кернеуі немесе қайсысы азырақ екендігіне байланысты, 10 кВ амплитудалық мәні болу керек.

1-ЕСКЕРТПЕ Сынау рәсімі толқынның пішінін катты өзгертуі мүмкін.

2-ЕСКЕРТПЕ 7.3.204 сынау рәсімінің мәндері анағұрлым төмен кернеу мәндерін беруі мүмкін.

КР СТ IEC 61869-2-2013

4.5 Нактылы қуаттылық

4.5.201 Қуаттылықтың нактылы мәндері

Өлшегіш кластар, Р класы мен PR класы үшін нақтылы қуаттылықтың стандартты мәндері:

$2,5 - 5,0 - 10 - 15$ және 30 ВА.

Қосымшаның мақсатына жету үшін 30 ВА-дан асатын мәніне таңдауга болады.

ЕСКЕРТПЕ Егер нақтылы қуаттылық мәндерінің бірі стандартты болса және стандартты дәлдік класымен байланысты болса, осы трансформатор үшін стандартты емес мәндері болуы мүмкін, бірақ басқа стандартты дәлдік кластарымен байланысқан басқа нақтылы қуаттылықтардың мәлімдемелері алынып тасталмайды.

4.5.202 Резистивтік жүктеменің нақтылы мәндері

TPX, TPY және TPZ класти ток трансформаторлары үшін Оммен есептелецін нақтылы резистивтік жүктемеге арналған стандартты мәндер:

$0,5 - \underline{1} - 2 - \underline{5}$ Ом

Ұнамды мәндердің асты сзызылған. Мәндер 1 А нақтылы қайталама токқа негізделген. 1 А-дан айрықшаланатын қайталама орамның нақтылы тоғы бар ток трансформаторлары үшін жоғарыда аталған мәндерді ток шаршысына көрі мөлшерлес түрде тузыту қажет.

ЕСКЕРТПЕ Егер нақтылы қуаттылық мәндерінің бірі стандартты болса және стандартты дәлдік класымен байланысты болса, осы трансформатор үшін стандартты емес мәндері болуы мүмкін, бірақ басқа стандартты дәлдік кластарымен айланысқан басқа нақтылы қуаттылықтардың мәлімдемелері алынып тасталмайды.

4.6 Нактылы дәлдік класы

4.6.201 Өлшегіш ток трансформаторлары

4.6.201.1 Өлшегіш ток трансформаторларына арналған дәлдік класын белгілеу

Өлшегіш ток трансформаторлары үшін дәлдік класы бастапқы контурдың нақтылы тоғы мен нақтылы қуаттылығы кезінде трансформация коэффициентінің (ε) кемшілігінің ең жоғарғы рұқсат етілген пайзызымен анықталады.

4.6.201.2 Стандартты дәлдік кластары

Өлшегіш ток трансформаторларына арналған стандартты дәлдік кластары мынадай:

$0,1 - 0,2 - 0,2S - 0,5 - 0,5S - 1 - 3 - 5$ дәлдік кластары

4.6.201.3 Трансформация коэффициенті кемшілігінің (ε) және өлшегіш ток трансформаторларына арналған фазалар ығысуының шектері

0,1 - 0,2 - 0,5 және 1 кластары үшін, трансформация коэффициентінің кемшілігі және нақтылы жиілік кезіндегі фазаның ығысуы 201-кестеде келтірілген мәндерден аспау керек, мұндағы жүктеме нақтылы қуаттылықтың 25 %-дан 100 %-ға дейінгі кез келген мәнін қабылдай алады.

0,2S және 0,5S кластары үшін трансформация коэффициентінің кемшілігі мен нақтылы жиілік кезінде фазаның ығысуы 202-кестеде келтірілген мәндерден аспау керек, мұндағы жүктеме нақтылы қуаттылықтың 25 %-дан 100 %-ға дейінгі кез келген мәнін қабылдай алады.

3-ші және 5-ші кластар үшін нақтылы жиілік кезінде трансформация коэффициентінің кемшілігі 203-кестеде келтірілген мәндерден аспау керек, мұндағы жүктеме нақтылы қуаттылықтың 25 %-дан 100 %-ға дейінгі кез келген мәнін қабылдай алады. 3-ші және 5-ші кластар үшін фазалар ығысуының ешқандай шектері жоқ.

Барлық кластар үшін жүктеменің 0,8 қалған қуаттылық коэффициенті болу керек, жүктеме 5 ВА-дан кем болатын жағдай ескерілмейді, себебі бұл кезде минималды мәні 1 ВА болатын 1,0 қуаттылық коэффициенті пайдаланылу керек.

ЕСКЕРТПЕ Трансформация коэффициентінің кемшіліктері мен фазалар ығысуының үйгарынды шектері жабдық (U_m) үшін ең жоғары кернеу кезінде ауда оқшаулау үшін талап етілетін арақашықтықтағы ауда кейбір кашыктықта орналасқан сыртқы өткізгіштің осы күйі үшін шынайы.

201-кесте. Өлшегіш ток трансформаторларына арналған трансформация коэффициенттері кемшілігінің және фазалар ығысуының шектері (0,1-ден 1-ге дейінгі кластар)

Дәлдік класы	Трансформация коэффициентінің кемшілігі ± %					Фазалар ығысуы							
	ток кезінде (накты %)				ток кезінде (накты %)				ток кезінде (накты %)				
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120	
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15	
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	
1	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8	

**202-кесте. Өлшегіш ток трансформаторларына арналған
трансформация коэффициентінің кемшіліктерінің және фазалар
ығысуының шектері (0,2S және 0,5S кластар)**

Дәлдік класы	Трансформация коэффициентінің кемшілігі $\pm \%$					Фазалар ығысуы									
						\pm Минуттер					\pm Сантирадиандар				
	ток кезінде (нақты %)					ток кезінде (нақты %)					ток кезінде (нақты %)				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

**203-кесте. Өлшегіш ток трансформаторларына арналған
трансформация коэффициенті кемшілігінің шектері
(3 және 5 кластар)**

Класы	Трансформация коэффициентінің кемшілігі $\pm \%$	
	ток кезінде (нақты %)	
	50	10
3	3	3
5	5	5

4.6.201.4 Жүктеменің кеңейтілген өрісі

Барлық өлшегіш кластар үшін жүктеменің кеңейтілген өрісі анықталуы мүмкін. Трансформация коэффициентінің кемшілігі мен фазалардың ығысуы 1 ВА-дан нақтылы қуаттылыққа дейінші қайтала ма орамның жүктеме өрісі үшін 201-кестеде, 202-кестеде және 203-кестеде берілген тиісті кластың шектерінен асып кетпеу керек. Қуаттылық коэффициенті жүктеменің толық өрісі бойынша 1,0 болу керек. Максималды нақтылы қуаттылық 15 ВА-ға дейін шектелген.

4.6.201.5 Ұлғайтылған нақтылы токтар

Дәлдік кластары 0,1-ден 1-ге дейінгі ток трансформаторлары келесі талаптарға сай келген жағдайда ұлғайтылған нақтылы тоғы бар ретінде таңбалануы мүмкін:

- а) нақтылы үздіксіз жылу тоғы бастапқы орамның нақтылы ұлғайтылған тоғы болу керек;
- б) 201-кестеде келтірілген бастапқы орамның нақтылы тоғының 120 % үшін трансформация коэффициентінің кемшілігі мен фазалар ығысуының

шектері бастапқы орамның нақтылы ұлғайтылған токтарына дейін сакталу керек.

Бастапқы орамның нақтылы кеңейтілген тоғы бастапқы орамның нақтылы тоғының пайызы ретінде айқындалу керек.

4.6.201.6 Аспаптың қауіпсіздік коэффициенті

Аспаптың қауіпсіздік коэффициентін белгілеуге болады.

Стандартты мәндер мынадай: FS 5 және FS 10

4.6.202 Қорғаныс ток трансформаторлары

4.6.202.1 Жалпы ережелер

Қорғаныс ток трансформаторларының анықтамасына қатысты үш түрлі тәсіл белгіленген (204-кестені қараңыз). Іс жүзінде, үшін анықтаманың әркайсысы бірдей физикалық шынайылықты бере алады.

204-кесте. Қорғаныс класстарының сипаттамасы

Белгіленуі	Қалдық ағысқа арналған шек	Түсіндірме
P PR	жоқ ^{a)} и я	Ток трансформаторы симметриялық стационарлық күнде қысқа тұйықталу тоғының толық кемшілігінің талаптарына сай келетіндей етіп ток трансформаторын анықтау
PX PXR	жоқ ^{a), b)} и я ^{b)}	Магниттелу сипаттамаларын белгілеу арқылы ток трансформаторын анықтау
TPX TPY TPZ	жоқ ^{a)} и я и я	Қысқа тұйықталудың айнымалы үрдістермен шартталған асимметриялық тоғы шартында кемшілікке қойылатын талаптарға сай келетін ток трансформаторларын анықтау

a) Қалдық ағыстың ешқандай шегі болмаса да, ауа саңылауларының болуына рұқсат етіледі, мысалы, ажыратқыш езекшесі бар ток трансформаторлары.

b) PX және PXR ажырату үшін қалдық ағыстың критерийлері пайдаланылады.

4.6.202.2 Р класти қорғаныс ток трансформаторлары

4.6.202.2.1 Дәлдік бойынша есептік шегінің стандартты коэффициенттері (ALF)

ALF стандартты мәндері:

5 - 10 - 15 - 20 - 30

4.6.202.2.2 Дәлдік класын белгілеу

Дәлдік класы толық кемшіліктің ең жоғары қолжетімді пайызын пайдалана отырып белгіленеді, одан кейін «Р» әрпі («корғанысты» білдіреді) және *ALF* мәні келеді.

4.6.202.2.3 Стандартты дәлдік кластары

Корғаныс ток трансформаторларына арналған стандартты дәлдік кластары:

5P және 10P

4.6.202.2.4 Р класты қорғаныс ток трансформаторларына арналған кемшіліктің шектері

Нактылы жүйлік кезінде және жалғанған нактылы жүктеме кезінде трансформация коэффициентінің шегі және фазаның ығысы мен толық кемшілік 205-кестеде көтірілген шектерден асып кетпеу керек.

Нактылы жүктеменің 0,8 индукциялы қуаттылық коэффициенті болу керек, нактылы қуаттылық 5 ВА-дан кем болған жағдай ескерілмейді, бұл кезде 1,0 қуаттылық коэффициентін пайдалану қажет.

205-кесте. Р және PR класты қорғаныс ток трансформаторларына арналған кемшіліктің шектері

Дәлдік класы	Бастапқы орамның нактылы тоғы кезіндегі трансформация коэффициентінің кемшілігі ± %	Бастапқы орамның нактылы тоғы кезінде фазаның ығысы		Шекті дәлдіктің бастапқы орамның нактылы тоғы кезіндегі толық кемшілік %
		± Минуттер	± Сантирадиандар	
5P және 5PR	1	60	1,8	5
10P және 10PR	3	-	-	10

4.6.202.3 PR класты қорғаныс ток трансформаторлары

4.6.202.3.1 Дәлдік шегінің стандартты коэффициенттері (*ALF*) *ALF* мәнінің стандарты:

5 - 10 - 15 - 20 - 30

4.6.202.3.2 Дәлдік класының белгіленуі

Дәлдік класы толық кемшіліктің ең жоғары рұқсат етілген пайызымен белгіленеді, одан кейін «PR» әрпі (корғаныстың төмен қалдық магниттік индукциясын білдіреді) және *ALF* мәні көтіріледі.

4.6.202.3.3 Стандартты дәлдік кластары

Төмен калдық магниттік индукциясы бар корғаныс ток трансформаторларына арналған стандартты дәлдік кластары:

5PR және 10PR

4.6.202.3.4 PR класты корғаныс ток трансформаторларына арналған кемшіліктің шектері

Нақтылы жиілік кезінде және жалғанған нақтылы жүктеме кезінде трансформация коэффициентінің кемшілігі және фазаның ығысуы мен толық кемшілік 205-кестеде көрсетілген шектерден аспау керек.

Нақтылы жүктеменің 0,8 индукциялы қуаттылық коэффициенті болу керек, нақтылы қуаттылық 5 ВА-дан кем болған жағдай ескерілмейді, бұл кезде 1,0 қуаттылық коэффициентін пайдалану қажет.

4.6.202.3.5 Тік бұрыштық коэффициенті (K_R)

Тік бұрыштық коэффициенті (K_R) 10 %-дан аспау керек.

ЕСКЕРТПЕ Өзекшеге бір немесе бірнеше санылауды кіріктіру – тік бұрыштық коэффициентін шектеу тәсілі.

4.6.202.3.6 Қайталама ілмек уақытының тұрақты мәні (T_s)

Қайталама ілмек уақытының тұрақты мәнін белгілеуге болады.

4.6.202.3.7 Қайталама орамның кедергісі (R_{ct})

Қайталама орам кедергісінің жоғарғы шегін белгілеуге болады.

4.6.202.4 RX класты және PXR класты корғаныс ток трансформаторлары

RX класты корғаныс ток трансформаторларының жұмыс сипаттамалары келесі шамалардың терминдерінде белгілену керек:

- бастапқы орамның нақтылы тоғы (I_{pr});

- қайталама орамның нақтылы тоғы (I_{sr});

- байламдардың арақатынасы бойынша нақтылы трансформация коэффициенті;

- бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ (E_k);

- бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ кезінде қоздыру тоғының (I_e) жоғарғы шегі және/немесе осы шаманың белгіленген пайзызы;

- қайталама орам кедергісінің жоғарғы шегі (R_{ct}).

Бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ (E_k) белгілеудің орнына E_k мынадай тәсілмен есептеуге болады:

$$E_k = K_x \times (R_{ct} + R_b) \times I_{sr}$$

Бұл жағдайда нақтылы резистивтік жүктемені (R_b) және өлшемдік коэффициентті (K_x) белгілеуге болады, ал R_{ct} дайындаушы таңдайды.

RX класы үшін трансформация коэффициентінің кемшілігі $\pm 0,25$ %-дан аспау керек.

КР СТ IEC 61869-2-2013

PXR класы трансформация коэффициентінің кемшілігі $\pm 1\%$ -дан аспау керек.

PXR класы үшін тік бұрыштық коэффициенті 10 %-дан аспау керек.

201 ЕСКЕРТПЕ Тік бұрыштық коэффициентін $<= 10\%$ кепілдеу үшін PXR класти ток трансформаторлардың ауа санылаулары болуы мүмкін.

202 ЕСКЕРТПЕ Кішкентай ампер-байланымдары бар PXR класти үлкен өзекшелер үшін тік бұрыштық коэффициентіне койылатын талаптарды орындау киынға соғуы мүмкін. Бұл жағдайда тік бұрыштық коэффициентін 10 %-дан артық болатындей етіп келісуге болады.

4.6.202.5 Айнымалы сипаттамаларға арналған корғаныс ток трансформаторлары

4.6.202.5.1 TPX, TPY және TPZ класти ток трансформаторларына арналған кемшілік шектері

Нактылы резистивтік жүктеме ток трансформаторына жалғанған кезде трансформация коэффициентінің кемшілік пен нактылы жиілік кезіндегі фазаның ығысуы 206-кестеде көрсетілген кемшіліктер шектерінен асып кетпеу керек.

Белгіленген жұмыс циклі (немесе белгіленген айнымалы өлшемдік коэффициентке K_{td} сәйкес келетін жұмыс циклі) нақтылы резистивтік жүктемеге жалғанған ток трансформаторына катысты қолданылған кезде $\hat{\varepsilon}$ (TPX және TPY үшін) немесе $\hat{\varepsilon}_{ac}$ (TPZ үшін) айнымалы үрдістермен байланысты кемшіліктер 206-кеседе көрсетілген шектерден асып кетпеу керек.

Кемшіліктің барлық шектері қайталама орамның 75°C температурасына негізделген.

206-кесте. ТРХ, ТРҮ және ТРЗ ток трансформаторларына арналған кемшіліктегі шектері

Класы	Бастапқы контурдың нақтылығын тоғы кезінде			Белгіленген жұмыс циклі шартында айнымалы үрдістермен шартталған кемшілік шектері	
	Трансформация коэффициенттің кемшілігі ± %	Фазаның ығысуы			
		±Минуттер	±Сантирадиандар		
TPX	0,5	±30	±0,9	$\hat{\varepsilon} = 10 \%$	
TPY	1,0	±60	±1,8	$\hat{\varepsilon} = 10 \%$	
TPZ	1,0	180±18	5,3±0,6	$\hat{\varepsilon}_{ac} = 10 \%$	

1-ЕСКЕРТПЕ Кейбір жағдайларда, фаза ығысуының абсолюттік шамасы осы өндірістік топтаманың орташа мәнінің минималды кемшілігіне жетуге қарғанда анағұрлым маңызды болуы мүмкін.

2-ЕСКЕРТПЕ E_{al} тиісті мәні магниттелу қисығының сыйықтық бөлігінен аспаған жағдайда ТРҮ өзекшелері үшін келесі формуланы пайдалануға болады:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{K_{td}}{2\pi \int_R \times T_s} \times 100 \%$$

4.6.202.5.2 Тік бұрыштық коэффициенттің (K_R) шегі

TPX: шегі жоқ

TPY: $K_R \leq 10 \%$

TPZ: $K_R \leq 10 \%$.

ЕСКЕРТПЕ ТРZ өзекшелері үшін тік бұрыштық коэффициенттің $<<10 \%$ құрылым белгілейді, осыған байланысты қалдық магниттік ағысты шамадан тыс асыруға болады.

4.6.202.5.3 Айрықша тәсілдері

Екі айрықша тәсілі 207-кестеде көрсетілген.

Кейбір жағдайларда бір белгілі жұмыс циклін тандау қорғаныстың барлық талаптарын сипаттай алмайды, осыған байланысты баламалы анықтама әр түрлі жұмыс циклдерінің талаптарын қамтитын «толық талаптарды» анықтау мүмкіндігін ұсынады. Айрықшаларды араластыруға болмайды; кері жағдайда ток трансформаторын қайта анықтауға турал келеді.

**207-кесте. ТРХ, ТРҮ және ТРЗ ток трансформаторларын арналған
айрықша тәсілдері**

Стандартты айрықша	Баламалы айрықша
Кластиң белгіленуі (TPX, TPY немесе TPZ)	Кластиң белгіленуі (TPX, TPY немесе TPZ)
Қысқа тұйықталу тоғының нақтылы симметриялық коэффициенті, K_{ssc}	Қысқа тұйықталу тоғының нақтылы симметриялық коэффициенті, K_{ssc}
Жұмыс циклі, мыналардан тұрады: С-О циклі үшін: $t'al$ С-О-С-О циклі $t'_{al}, t', t'_{fr}, t''_{al}$ үшін:	Айнымалы өлшемдік коэффициенттің нақтылы мәні, K_{td} Қайталама ілмектің тұракты уақытының нақтылы мәні T_S (TPY өзекшелеріне ғана арналған)
Бастапқы контур уақытының нақтылы тұракты мәні, T_P	
Нақтылы резистивтік жүктеме, R_b	Нақтылы резистивтік жүктеме, R_b

1 ЕСКЕРТПЕ Қайталама орамдарының бұрмалары бар ток трансформаторлары үшін дәлдік койылатын осы талаптар тек бір коэффициент үшін орындаға алады.

2 ЕСКЕРТПЕ Бастапқы орам ауыстырып-қосылатын ток трансформаторлары үшін дәлдік талаптары эр түрлі коэффициенттер үшін орындаға алады. Бұл жағдайда бастапқы орам сымдарының пішім үйлесімдігі эсер ете алтын F_c құрылым коэффициентіне назар аударған жөн.

3 ЕСКЕРТПЕ Баламалы айрықшада K_{td} әдетте қорғаныс құрылғыларының жеткізуші белгілейді. T_S мәні белгіленуі мүмкін, себебі бұл K_{td} есептеу кезінде қолданылатын ток трансформаторының жалғыз параметрі болып табылады.

4.6.203 Коэффициенті таңдалатын ток трансформаторы класының тағайындалуы

4.6.203.1 Бастапқы орамы ауыстырып-қосылатын ток трансформаторларына арналған дәлдік сипаттамалары

Барлық дәлдік кластары үшін дәлдікке койылатын талаптар барлық қорғаныс ауыстырып-қосуларына қатысты болады.

4.6.203.2 Бұрмалары бар қайталама орамдары бар ток трансформаторларына арналған дәлдік сипаттамалары

Барлық дәлдік кластары үшін дәлдік талаптары трансформацияның ең жоғарғы коэффициентіне қатысты болады, егер басқасы белгіленбесе.

Сатып алушының талабы бойынша, дайындаушы анағұрлым төмен коэффициенттер кезіндегі дәлдік сипаттамалары туралы ақпаратты беру керек.

5.201 Бастапқы орамның нақтылы тоғының стандартты мәндері

Бастапқы орамның нақтылы тоғына арналған стандартты мәндер:

10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 A,

және олардың ондық еселіктері немесе үлестері. Ұнамды мәндердің асты сзыылған.

4.202 Қайталама орамның нақтылы тоғының стандартты мәндері

Қайталама орамның нақтылы тоғының стандартты мәндері - 1 А және 5 А.

Айнымалы сипаттамалары бар қорғаныс ток трансформаторлары үшін қайталама орамның нақтылы тоғының стандартты мәні - 1 А.

4.203 Нактылы үздіксіз жылу тоғының стандартты мәндері

Нактылы үздіксіз жылу тоғының стандартты мағынасы – бастапқы орамның нақтылы тоғы.

Бастапқы орамның нақтылы тоғынан асатын нақтылы үздіксіз жылу тоғы белгіленген кездеңі ұнамды мәндер – бастапқы орамның нақтылы тоғының 120 %, 150 % және 200 %.

4.204 Қысқа мерзімді тоқтың нақтылы мәндері

4.204.1 Жылу төзімділігінің нақтылы тоғы (I_{th})

Трансформаторға жылу төзімділігінің (I_{th}) нақтылы тоғы тағайындалу керек.

Нақтылы қысқа мерзімді жылу тоғының стандартты мәні - 1 с.

4.204.2 Нактылы жұмыс тоғы (I_{dyn})

Нақтылы динамикалық тоқтың (I_{dyn}) стандартты мәні – нақтылы қысқа мерзімді жылу тоғына (I_{th}) 2,5 кебейту керек.

5 Жобалау және жабдықтау

5.4 Бөлшектер мен құрамдас бөліктер температураларының ұлғаюына қойылатын талаптар

5.4.1 Қосымша талаптар

Осы тарауда келесі толықтырулар келтірілген:

Нақтылы үздіксіз жылу тоғына тең бастапқы орамның тоғын қуаттылығы бірге тең және тиісті нақтылы қуаттылыққа сәйкес келетін жүктемемен өткізген кезде ток трансформаторындағы ток температурасының ұлғаюы IEC 61869-1 стандартындағы 5-кестеде көрсетілген мәндерден аспау керек. Осы мәндер 4-тарауда келтірілген пайдалану шарттарына негізделген.

5.13 Таңбалау

5.13.201 Клеммаларды таңбалау

5.13.201.1 Жалпы ережелер

Клеммаларды таңбалау мыналарды сәйкестендіру керек:

- а) бастапқы және қайталама орамдар;
- б) орамның секциялар, егер болса;
- с) орамдардың және орамдар секцияларының салыстырмалы көрегарлықтары;
- д) аралық бұрмалар, егер болса.

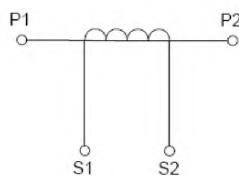
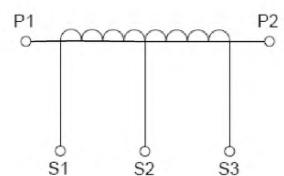
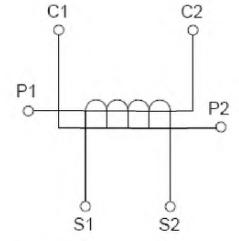
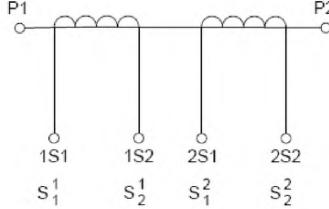
5.13.201.2 Таңбалau тәсілі

Таңбалама әріптерден тұру керек, олардың алдында немесе олардан кейін қажет болса сандар қойылады. Әріптер баспалы болу керек.

5.13.201.3 Пайдалану қажет болатын таңбалар

Ток трансформаторлары клеммаларының таңбалануы 208-кестеде көрсетілгендей болу керек.

208-кесте. Клеммалардың таңбалануы

Бастапқы орамның клеммалары Қайталама орамның клеммалары	 <p>Бір коэффициент</p>	 <p>Қайталама орамында аралық бүрмалары бар трансформатор</p>
Бастапқы орамның клеммалары Қайталама орамның клеммалары	 <p>Тізекті немесе қатарлас байланыстыруға арналған 2 секциялы бастапқы орамы бар трансформатор</p>	 <p>2 қайталама орамдары бар трансформатор; әрқайсының өзіндік магниттік өзекшесі бар (қайталама клеммаларға арналған екі баламалы таңбалau)</p>

5.13.201.4 Салыстырмалы кереғарлықтарды белгілеу

P1, S1 және C1 болып таңбаланған барлық клеммалардың бір сәтте бірдей кереғарлығы болу керек.

5.13.202 Техникалық деректер келтірілген тақтайшаның таңбалануы

5.13.202.1 Жалпы ережелер

IEC 61869-1 стандартының 6.13-тарауында анықталған таңбалануларға қосымша ретінде барлық ток трансформаторларының осы тарауда анықталғандай жалпы түрдегі техникалық деректер келтірілген

тақтайшаларының таңбасы болу керек. Накты дәлдік кластарымен байланысты таңбалаулар 6.13.202.2 - 6.13.202.6 берілген.

- а) бастапқы және қайталама орамның нақтылы тоғы (мысалы, 100/1 A);
- б) жылуға төзімділіктің нақтылы тоғы (I_{th}), (мысалы, $I_{th} = 40 \text{ kA}$);
- с) нақтылы жұмыс тоғы (I_{dyn}), егер ол $2,5 \times I_{th}$ өзгеше болса (мысалы, $I_{dyn} = 85 \text{ kA}$);
- д) екі немесе одан артық қайталама орамдары бар ток трансформаторларында әр орамды және оның тиісті клеммасын пайдалану;
- е) нақтылы үздіксіз жылу тоғы, егер ол бастапқы орамның нақтылы тоғынан өзгеше болса.

1 МЫСАЛ

Қайталама орам тарамдалған бір өзекшесі бар бір ток трансформаторының үшін: $I_{cth} = 150\%$ (әр тарамдалу үшін бастапқы орамның нақтылы тоғының 150 % мәні)

2 МЫСАЛ

Әр түрлі коэффициенттері бар бірнеше өзекшелері бар ток трансформаторлары үшін (мысалы, 300/5 A және 4000/1 A): $I_{cth} = 450 \text{ A}$ (ток трансформаторының барлық өзекшелері арқылы ететін максималды үздіксіз жылу тоғы ретіндегі 450 A мәні)

3 МЫСАЛ

Бастапқы орамның ауыстырып-қосылатын ток трансформаторлары үшін (4x300/1 A): $I_{cth} = 4 \times 450 \text{ A}$ (бастапқы орамның ауыстырылып-қосылуына байланысты үздіксіз жылу тоғының 450, 900 немесе 1800 мәні)

Куаттылық пен дәлдік класының бірнеше қисындастырылуының талаптарына сай келетін ток трансформаторы солардың барлығына сәйкес таңбалануы мүмкін.

4-МЫСАЛ 15 VA cl. 0,5; 10 VA cl. 5P20

5-МЫСАЛ 15 VA cl. 1; 7 VA cl. 0,5

6-МЫСАЛ 5 VA cl.1 & 5P20

5.13.202.2 Өлшегіш ток трансформаторының техникалық деректері келтірілген тақтайшаның арнайы таңбасы

Аспаптың дәлдік класы мен қауіпсіздік коэффициенті (егер болса) тиісті нақтылы қуаттылықты көрсеткеннен кейін көрсетілу керек.

1 МЫСАЛ 15 VA cl. 0,5

2 МЫСАЛ 15 VA cl. 0,5 FS 10

Ұлгайтылған нақтылы тоғы бар ток трансформаторларында (5.6.201.5 қараныз) нақты мәні класты көрсеткеннен кейін бірден көрсетілу керек.

3 МЫСАЛ 15 VA cl. 0,5 ext.150 % FS 10

Кенәйтілген жүктеме өрісі бар ток трансформаторлары үшін (5.6.201.4 қараныз) осы нақты мәні кластың белгіленуінің тікелей алдында келтірілу керек.

4 МЫСАЛ 1-10 VA class 0,2 (0,2 класындағы 1-ден 10 ВА-ға дейінгі жүктеме өрісін білдіреді).

КР СТ IEC 61869-2-2013

ЕСКЕРТЕПЕ Техникалық деректер келтірілген тақтайшада трансформацияның бірдей коэффициенті кезінде трансформатор сай келетін коэффициенттердің, жұктемелер мен дәлдік класстарының бірнеше кисындастырылуы бойынша ақпарат берілуі мүмкін.

15 МЫСАЛ VA class 1; 7 VA class 0,5

5.13.202.3 Р класты қорғаныс ток трансформаторларының техникалық деректері келтірілген тақтайшаның арнайы таңбасы

Дәлдік бойынша нақтылы шекті еселік тиісті нақтылы қуаттылық пен дәлдік класынан кейін көрсетілу керек.

30 МЫСАЛ VA class 5P10

5.13.202.4 PR класты қорғаныс ток трансформаторларының техникалық деректері келтірілген тақтайшаның арнайы таңбасы

Дәлдік бойынша нақтылы шекті еселік тиісті нақтылы қуаттылық пен дәлдік класынан кейін көрсетілу керек.

1 МЫСАЛ 10 VA class 5PR10

Егер анықталған болса, онда сондай-ақ келесі параметрлер көрсетілу керек:

- қайталама ілмек уақытының тұракты мәні (T_s);
- қайталама орам кедергісінің жоғарғы шегі (R_{ct}).

2 МЫСАЛ 10 VA class 5PR10, $T_s = 200 \text{ ms}$, $R_{ct} \leq 2,4 \Omega$

5.13.202.5 PX және PXR класты қорғаныс ток трансформаторларының техникалық деректері келтірілген тақтайшаның арнайы таңбасы

Класс талаптары келесі тәсілмен көрсетілуі мүмкін:

- байламдардың арақатынасы бойынша нақтылы трансформация коэффициенті;
- бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ (E_k);
- бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ кезіндегі қоздыру тоғының (I_e) жоғарғы шегі немесе осы мәнінің мәлімделген пайызы;
- қайталама орам кедергісінің жоғарғы шегі (R_{ct}).

1 МЫСАЛ Class PX, $E_k = 200 \text{ V}$, $I_e \leq 0,2 \text{ A}$, $R_{ct} \leq 2,0 \Omega$.

Егер анықталған болса, онда келесі параметрлер көрсетілу керек:

- өлшемдік коэффициент (K_x);
- нақтылы резистивтік жұктеме (R_b).

2 МЫСАЛ $E_k = 200 \text{ V}$, $I_e \leq 0,2 \text{ A}$, $R_{ct} \leq 2,0 \Omega$, $K_x = 40$, $R_b = 3,0 \Omega$.

5.13.202.6 Айнымалы сипаттамаларға арналған ток трансформаторларының техникалық деректері келтірілген тақтайшалардың арнаиы таңбасы

Кластиң таңбалануы келесі 2 элементтен тұрады:

а) Анықтаманың бөлімі (міндетті)

Анықтаманың бөлімі арнаиы маңызды ақпараттан тұрады, ол ток трансформаторының талаптар деректеріне сәйкес келетіндігін анықтау үшін қажет (жұмыс циклінен және T_p тұрады).

1 МЫСАЛ $K_{SSC} = 20$ және $K_{td} = 12,5$ қолдана отырып:

$R_b = 5 \text{ Ом, класы TRX } 20 \times 12,5; R_{ct} \leq 2,8 \text{ Ом};$

$R_b = 5 \text{ Ом, класы TRY } 20 \times 12,5; R_{ct} \leq 2,8 \text{ Ом, } T_s = 900 \text{ миллисекунд};$

$R_b = 5 \text{ Ом, класы TPZ } 20 \times 12,5; R_{ct} \leq 2,8 \text{ Ом.}$

ЕСКЕРТПЕ R_{ct} үшін топтаманың шеғінде оның максималды мәнін көрсетуге болады.

б) Косымша бөлім (тапсырыс беруші жұмыс циклін белгілеген кезде міндетті)

Косымша бөлім көптеген ықтимал жұмыс циклдерін білдіреді, олар белгіленген K_{td} мәнінде келтіреді.

2 МЫСАЛ

100 мс, $T_p = 100$ мс циклі $t'_{al} = 100$ мс, $T_p = 100$ мс білдіреді

(40-100)-300-40 мс, $T_p = 100$ мс циклі $t''_{al}=40$ мс, $t'=100$ мс, $t_{fr}=300$ мса,
 $t''_{al}=40$ мс, $T_p=100$ мс білдіреді

(100-100)-300-40 мс, $T_p = 75$ мс циклі $t'=t'_{al}=100$ мс, $t_{fr}=300$ мса,
 $t''_{al}=40$ мс, $T_p = 75$ мс білдіреді

6 Сынаулар

6.1 Жалпы ережелер

6.1.2 Сынаулар тізімдері

IEC 61869-1 стандартындағы 10-кесте жаңа 10-кестемен алмастырылды.

10-кесте. Сынаулар тізімі

Сынаулар	Тармақша
Сынаулар типі	7.2
Жылытып сынау	7.2.2
Бастапқы орам клеммаларындағы шыдайтын импульстік кернеуді сынау	7.2.3
Ашық типті трансформаторларының ылғалдылығын сынау	7.2.4
Электромагниттік сыйымдылықты сынау	7.2.5
Дәлдікті сынау	7.2.6
Қаптаманың корғаныс дәрежесін тексеру	7.2.7
Коршаған ортаның температурасы кезінде қаптаманың саңылаусыздығын сынау	7.2.8
Қаптаманы қысым астында сынау	7.2.9
Қыска мерзімді токпен сынау	7.2.201
Стандартты сынау	7.3
Бастапқы орамның клеммаларында шыдайтын өнеркәсіптік жиілік кернеудін сынау	7.3.1
Ішінара қуатсыздандуды өлшеу	7.3.2
Секциялар арасындағы өнеркәсіптік жиіліктің шыдайтын кернеудін сынау	7.3.3
Қайталама орамның клеммаларында шыдайтын өнеркәсіптік жиілік кернеудін сынау	7.3.4
Дәлдікті сынау	7.3.5
Таңбаларды тексеру	7.3.6
Коршаған ортаның температурасында қаптаманың саңылаусыздығын сынау	7.3.7
Қаптаманы қысым астында сынау	7.3.8
Қайталама орамның кедегісін сынау	7.3.201
Қайталама ілмек уақытының тұрақты мәнін анықтау	7.3.202
Бүгілу нүктесінің нақтылы ЭКК кезінде бүгілу нүктесінің нақтылы ЭКК және қоздыру тоғын сынау	7.3.203
Байламарапалық құштің артуын сынау	7.3.204
Арнайы сынаулар	7.4
Бастапқы орам клеммаларының кесілген импульсінің шыдайтын кернеудін сынау	7.4.1
Бастапқы орамның клеммаларында көптеген кесілген импульстік сынау	7.4.2
Сыйымдықты және диэлектрлік шығындар коэффициентін өлшеу	7.4.3
Ауыстырылатын шамадан тыс құштің түсін сынау	7.4.4
Механикалық сынаулар	7.4.5
Ішкі дөғаның әсері кезінде істен шыққанға дейін сынау	7.4.6
Төмен және жоғары температураалар кезінде қаптаманың саңылаусыздығын сынау	7.4.7

10-кесте (жалғасы)

Сынаулар	Тармақша
Газдың шық нүктесін сынау	7.4.8
Тоттануды сынау	7.4.9
Өртенну каупін сынау	7.4.10
Үлгілерде сынаулар жүргізу	7.5
Тік бұрыштық көзoeffициентін анықтау	7.5.1
Өлшегіш ток трансформаторлар аспабының (<i>FS</i>) қауіпсіздік көзoeffициентін анықтау	7.5.2

IEC 61869-1 стандартындағы 11-кесте келесі қосымшалармен бірге қолданылады:

GIS ток трансформаторлары үшін газды оқшауламай, дәлдікті сынауга болады.

6.2 Типті сынау

6.2.2 Жылытууды сынау

IEC 61869-1, 7.2.2 келесі қосымшалармен бірге қолданылады

6.2.2.201 Сынау сызбасы

Ток трансформаторы пайдалану кезінде монтаждау тәсілдері үшін толымды болып табылатын тәсілмен орнатылу керек, ал қайталама орам 6.4.1 сәйкес жүктелу керек. Ток трансформаторының күйі үlestіргіш құрылғының әр кондыргысында айрықшалана алғандықтан, сынау сызбасының құрылғысы дайындаушының пайымдауы бойынша қалады.

Ток трансформаторлары металлды қаптамадағы үш фазалы үlestіргіш құрылғыда қалған жағдайда барлық үш фаза бірге сынаулу керек.

6.2.2.202 Коршаган органдық температурасын өлшеу

Коршаган органдық температурасын өлшеуге арналған қадағалар ток трансформаторының нақтылы мәндеріне сәйкес арақашыктықта және шамамен трансформатор биіктігінің жартысында ток трансформаторының айналасында үlestірілу керек; олар тікелей жылу сәүлесінен коргалу керек.

Салқындағылған ауаның температурасын минимумғе жеткізу үшін, әсіресе сынаудың соңғы кезеңінде, температуралық қадағалар үшін трансформатор уақытының шамамен тең тұрақты уақыты бар жылу шығарғыштар сияқты тиісті құралдарды пайдаланган жөн.

Сынау үшін екі қадағаның орташа көрсеткіштерін пайдалану қажет.

6.2.2.203 Сынаудың ұзақтығы

Мынадай екі шарт орындалған кезде сынау тоқтатылуы мүмкін:

- сынаудың ұзақтығы ток трансформатор уақытының үш еселік жылу тұрақты мәнине тең;

- орам температурасының ұлғаю жылдамдығы (ток трансформаторларының май трансформаторы бөгінің жоғарғы бөлігіндегі

май) температура ұлғауының үш бірізді көрсеткіштерін алған кезде 1 К-дан аспайды.

Дайындаушы уақыттың жылулық тұракты мәнін келесі тәсілдердің бірімен бағалау керек:

- осындай құрылымға жүргізілетін алдыңғы сынаулардың нәтижелеріне негізделген сынаулардың алдында. Уақыттың жылулық тұракты мәні жылытуды сынау кезінде расталу керек;

- сынау кезінде, температура ұлғауының қисығынан (қисықтарынан) немесе температура төмендеуінің қисығынан (қисықтарынан), сынау кезінде жазылған және 2D қосымшасына сәйкес есептелген;

- сынау кезінде, 0 аркылы өтетін температура ұлғауының қисығы мен температураның максималды ұлғаоны арасындағы қызылсы нүктесінде;

- сынау кезінде, уақыт температураның болжалады максималды ұлғауының 63 % дейін жоғалған кезде.

6.2.2.204 Температуралар және температураның ұлғауы

Сынау максаты орам температурасының орташа ұлғауын анықтауға негізделеді және ток трансформаторлары үшін ток трансформаторында пайдаланудың белгіленген шартының нәтижелері болып табылатын шығындар генерацияланған кезде тұракты күйде болатын трансформатор бәгінің жоғарғы белгіндегі май температурасының ұлғаоны.

Орамның орташа температурасы кедергінің өзгеруі тәсілімен анықталу керек, бірақ кедергісі өте төмен орамдар үшін термометрлерді, термобуларды немесе басқа да тиісті температуралық қадағаларды пайдалануға болады.

Термометрлер немесе термобулар орамдардан басқа, бөлшектер температурасының ұлғауын өлшеу керек. Ток трансформаторының жоғарғы белгіндегі майдың температурасын майга тікелей жанаасатын металды бастың жоғарғы белгінің қосымша жалғанған қадағалармен өлшеу қажет.

Температура ұлғауының мәндерін 7.2.2.202 сәйкес өлшешген қоршаған орта температурасына қатысты айырмашылық бойынша анықтау қажет.

6.2.2.205 $U_m < 550$ кВ мәні бар ток трансформаторларына арналған сынау тәсілдері

Сынау нақтылы үздіксіз жылу тоғының бастапқы орамға жалғану жолымен орындалу керек.

Дайындаушы мен сатып алушы арасындағы келісім бойынша, егер өзекшелердің қайталама клеммаларындағы көрнек олар нақтылы көрнеумен жалғанғандай жоғары болғанда бір немесе бірнеше қайталама орамға куат беру арқылы жалғауға болса, ал куатсыз қалған қайталама орам (орамдар) нақтылы жүктемемен (жүктемелермен) байланысқан сынау тоғы.

6.2.2.206 Мәні $U_m > 550$ кВ болатын майлы ток трансформаторларына арналған сынау тәсілдері

Сынауды ток трансформаторына бір мезгілде мыналарды жалғау арқылы орындаған жөн:

- бастапқы орамға нақтылы үздіксіз жылу тоғын;

Егер көздыру өзекшелерінің қайталама клеммаларындағы кернеу жоғары болса, сынау тоғы сондай-ақ бір қайталама орамға немесе бірнеше қайталама орамға қуатты беру арқылы жалғану мүмкін. Бұл арада бастапқы орам ажыратылған, ал қуатсыз қалған қайталама орам (орамдар) нақтылы жүктемемен (жүктемелермен) жалғанған.

- бастапқы орам мен жер арасындағы $\sqrt{3}$ болінген жабдықтың ең жоғары кернеуі.

Әрбір қайталама орамның бір клеммасы жерге жалғану керек.

6.2.3 Бастапқы орам клеммаларында шыдайтын импульстік кернеуді сынау

6.2.3.1 Жалпы ережелер

IEC 61869-1, 7.2.3.1 сәйкес келесі қосымшалар келтірілген:

Сынау кернеуін бастапқы орам клеммалары (бірге жалғанған) және жер арасындағы клеммалар арасында жалғау қажет. Рама, корпус (егер болса) және өзекше (егер ол жерге түйікталу үшін арналса) және қайталама орамның (орамдардың) барлық клеммалар жерге жалғану керек.

Үш фазалы ток трансформаторлары болған жағдайда газды оқшаулағышы бар қосалқы станция үшін әр фазаны жеке-жеке тексеру қажет. Әр фазада сынаған кезде басқа фазалар жерге түйікталу керек.

Металлды қаптамағы трансформаторларды қабылдау критерийлерін IEC 62271-203 стандартының 6.2.4 тармақ мәнін қаранды.

6.2.6 Дәлдікті сынау

6.2.6.201 Трансформация коэффициентінің кемшілігін және өлшегіш ток трансформаторлар фазаларының ығысуын сынау

5.6.201.3, 5.6.201.4 және 5.6.201.5 тармақтарына сәйкестікті дәлелдеу үшін 201-кестеде, 202-кестеде және 203-кестеде көрсетілген токтың әр мәні кезіндеги жүктеменің белгіленген өрісінің сәйкесінше ең жоғары және ең томен мәндерінің дәлдігін өлшеу қажет.

Ұлғайтылған анықталған тоғы бар трансформаторларды 120 % нақтылы токтың орынна бастапқы контурдың нақтылы кеңейтілген тоғы кезінде сынау қажет.

6.2.6.202 Өлшегіш ток трансформаторлары аспаптарының (FS) қауіпсіздік коэффициентін анықтау

Осы сынау келесі жанама тәсілді пайдалану арқылы орындалуы мүмкін:

Бастапқы орам ажыратылған кезде нақтылы жиілік кезінде іс жүзінде синусоидалық кернеу арқылы қайталама орамға қуат беріледі. Кернеуді I_e көздыру тоғы $I_{sr} \times FS \times 10\%$ мәнінен жеткенге дейін ұлғайту қажет.

Алынған шекті кернеудің орташа квадраттық мәні қайталама орамның шекті ЭКК-нен E_{FS} кем болу керек (3.4.206 қаранды).

Көздыру кернеуін түзетілген дабылдың орташа дабылына мөлшерлес, бірақ орташа квадраттық мәндерде калибрленген аспаппен өлшеу қажет. Көздыру тоғын орташа квадраттық мәндері бар, амплитудасының

минималды коэффициенті 3 болатын аспапты пайдалана отырып, өлшеу қажет.

Егер өлшеу нәтижесі күмәнді болса, онда тікелей сынау арқылы қосымша өлшеу қажет (2A.5, 2A.6 караңыз), сондай тікелей сынау нәтижесі эталондық болады.

ЕСКЕРТПЕ Жанама сынаудың үлкен артықшылығы болып жогары кернеу токтары қажетті болып табылмайтындығы (мысалы, бастапқы контурдың нактылы тоғы 3 000 А және аспаптын қауіпсіздік коэффициенті 10 болған кезде 30 000 А) және сондай-ақ 50 А үшін ешқандай жүктемелерді ұсынбау жөн екендігі табылады. Бастапқы орамның көрі сымдарының әсері жанама сынау кезінде физикалық түрғыдан тиімді болып табылмайды. Пайдалану шарттарында, әсер күрделі катені үлгайтуы мүмкін, бұл өлшегіш ток трансформаторы беретін аспаптың қауіпсіздігі үшін ұнамды болып табылады.

6.2.6.203 Р және PR классты қорғаныс ток трансформаторларының толық кемшілігін сынау

Келесі екі сынау рәсімдеріне сәйкес:

a) 205-кестеде келтірілген толық кемшілік шектеріне сәйкестік тікелей сынау арқылы көрсетілу керек, онда іс жүзінде шекті дәлдіктің бастапқы орамының нактылы тоғына тең синусоидалық ток бастапқы орам арқылы өтеді; бұл арада қайталама орам шамасы нақтылы жүктемеге тең, бірақ дайындаушының пайымдауы бойынша 0,8 индукциялы және бірлік арасындағы қуаттылық коэффициенті бар жүктемемен байланысқан (2A.4, 2A.5, 2A.6, 2A.7 караңыз).

Сынау жеткізілетінгі ұқсас трансформаторларды жүргізуі мүмкін, дәл сол геометриялық үлестіру сақталған кезде төмендетілген пайдалануға болатындығы ескерілмегендеге.

Мәселе бастапқы контур мен бір өзекті бастапқы орамы бар ток трансформаторлары туралы болған кезде бастапқы контурдың көрі сымы мен ток трансформаторы арасындағы аракашықтықты пайдалану шарттарының туындауын ескерген жөн.

b) 2C қосымшага сәйкес төмен реактивтік шашырау кедергісі бар ток трансформаторлары үшін тікелей сынауды жанама сынаулармен алмастыруға болады.

Ажыратылған бастапқы орам кезінде қайталама контурдың E_{ALF} шекті ЭҚҚ тең орташа квадраттық мәні бар іс жүзіндегі синусоидалық мәні бар нақтылы жиілік кезінде қайталама орамға қуат беріледі.

$I_{sr} \times ALF$ пайызы ретінде айқындалған алынған қоздыру тоғы 205-кестеде келтірілген толық кемшілік шегінен аспау керек.

Қоздыру кернеуін дыбысы түзетілген дабылдың орташа мәніне мөлшерлес, бірақ орташа квадраттық мәндерде калибрленген аспаппен өлшеу қажет. Қоздыру тоғын амплитудасының минималды коэффициенті 3

болатын орташа квадраттық мәндерді өлшеттің аспапты пайдаланып өлшеу қажет.

Толық кемшілікті жанама тәсілмен анықтаған кезде трансформация коэффициентінің байланадардың қатынасы бойынша ықтимал түзетуін ескерудің қажеті жоқ.

6.2.6.204 TRX, TPY және TPZ класти қорғаныс ток трансформаторлары үшін шарттар шектелген кездегі қатені сынау

Типті сынау мақсаты шекті шарттар кезінде талаптарға сәйкестікті дәлелдеуден тұрады, сынау тәсілдерін 2В қосымшасынан қараңыз.

Егер ток трансформаторы – 2С қосымшасына сәйкес шашыраудың реактивтік кедергісі төмен типті трансформатор болса, 2В.2 сәйкес типті жанама сынауға болады, кері жағдайда 2В.3 сәйкес кері сынауды орындау қажет болады.

Сынауды ток трансформаторы түйінінің белсенді белгінін соның ішінде оқшауланбаган металды корпустың толық масштабы үлгісінде орындау қажет.

6.2.6.205 RX және PXR класти қорғаныс ток трансформаторларына арналған шашыраудың реактивтік кедергісі төмен типті сынау

Шашыраудың төмен реактивтік кедергісін тексеруді 2С қосымшасына сәйкес орындау қажет.

6.2.6.206 PR, TPY және PXR класти қорғаныс ток трансформаторларының тік бұрыштық коэффициентін анықтау

- PR үшін 5.6.202.3.5 талаптарына;

- TPY үшін 5.6.202.5.2 талаптарына;

- PXR класы үшін 5.6.202.4 талаптарына сәйкестігін дәлелдеу үшін тік бұрыштық коэффициентін (K_R) анықтау қажет. Сынау тәсілдерін 2В.2 қараңыз.

6.2.201 Қысқа мерзімді токпен сынау

Нақтылы қысқа мерзімді жылулық токтың және 5.204 көрсетілген нақтылы динамикалық токтың талаптарын тексеру үшін келесі екі сынау белгіленген.

Жылулық сынауды ажыратылған қайталама орам (орамдар) кезінде және I' тоғы кезінде t' уақыты ішінде мынадай формуладағыдан орындау қажет:

$$I^2 \times t' \geq I_{th}^2 \times t$$

мұндағы, t – қысқа мерзімді жылулық токтың белгіленген ұзақтығы,

t' шамасының 0,5 с және 5 с арасындағы мәндері болу керек.

Динамикалық сынауды ажыратылған қайталама орамы (орамдары) кезінде және амплитудалық мәні бір шың үшін нақтылы жұмыс тоғынан (I_{dyn}) кем емес бастапқы орамның тоғымен орындалу керек.

Сол сынаудың бірінші негізгі шынының тоғы нақтылы жұмыс тоғынан (I_{dyn}) кем болмаган жағдайда, динамикалық сынауды жогарыда сипатталған жылытуы сынауымен біріктіруге болады.

КР СТ IEC 61869-2-2013

Егер қоршаған ортандың температурасына (10°C және 40°C аралығында) дейін салқындағатқаннан кейін төмендегі талаптарға сай келсе, трансформатор осы сынаулар етті деп есептелу керек:

- a) айқын зақымдар жок;
 - b) магнитсіздендіргеннен кейінгі кемшіліктер сынаулар алдында тіркелгендерден оның дәлдік класына сәйкес келетін кемшіліктер шектерінің жартысынан астамына артық айрықшаланбаса;
 - c) 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 және 7.3.4 анықталған, бірақ аталған мәндердің 90 %-на дейін төмендетілген сынау кернеулерімен немесе токтарымен анықталған диэлектрлік сынауларға шыдайды;
 - d) зерттеу кезінде өткізгіштің беткі қабатының жанындағы оқшаулау күйінің айтарлықтай нашарлануы байқалмаса (мысалы, көмірлену).
- Нақтылы қысқа мерзімді жылулық тоғына (I_{th}) сәйкес келетін бастапқы орамдағы токтың тығыздығы келесі мәндерден асып кетпесе, d) зерттеуі талап етілмейді:
- орам IEC 60028 көрсетілген өткізгіштің мәнінің кем дегенде 97% құрайтын мыстан жасалған кезде 180 A/mm^2 ;
 - орам IEC 60121 көрсетілген өткізгіштің мәнінің кем дегенде 97% құрайтын алюминийден жасалған кезде 120 A/mm^2 .

ЕСКЕРТПЕ Тәжірибе көрсететіндей, накылы қысқа мерзімді жылулық тоғына сәйкес келетін бастапқы орам тоғының тығыздығы жоғарыда аталған мәндерден асып кетпеген кезде пайдаланғанда жылтыту бойынша талаптар жағдайда А класы оқшауланатында орындалады.

6.3 Стандартты сынаулар

6.3.1 Бастапқы орам клеммаларында шыдайтын өнеркәсіптік жиіліктің шыдайтын кернеуін сынау

IEC 61689-1 сәйкес келесі қосымшалармен бірге:

Сынау кернеуін ажыратылған негізгі орам мен жер арасынан өткізу қажет. Ажыратылған қайталама орам (орамдар), рама, корпус (егер болса) және өзекше (егер арнайы жер клеммасы болса) жермен байланысу керек.

6.3.5 Дәлдікті сынау

6.3.5.201 Трансформация коэффициентінің кемшілігін және өлшегіш ток трансформаторларының фазаларының ығысуын сынау

Дәлдікті стандартты сынау – 7.2.6.201 тармақтағы типті сынау сияқты, осында трансформаторлардағы сынаулар сынаулардың осыншама азайтылған саны 5.6.201.3 тармақ мәні сәйкестігін дәлелдеу үшін жеткілікті екендігін көрсеткен жағдайда токтардың және/немесе жүктемелердің саны азайған кезде стандартты сынаулар жүргізуге рұқсат етілгендігін ескермеген жағдайда.

6.3.5.202 Р және PR класти қорғаныс ток трансформаторларының трансформация коэффициентінің кемшілігін және фазаларының ығысының сынау

Трансформация коэффициентінің кемшіліктері мен фазалардың ығысына қатысты сәйкесінше 5.6.202.2 және 5.6.202.3 тармактарына сәйкестігін дәлелдеу үшін сынауларды бастапқы орамның нақтылы тоғы мен нақтылы жүктемесі кезінде орындау қажет.

6.3.5.203 Р және PR класти қорғаныс ток трансформаторларының толық кемшілігін сынау

Шашыраудың реактивтік кедергісі төмен ток трансформаторлары үшін (2С қосымшаны қараңыз), стандартты сынау – 7.2.6.203 қосымша тараудың b) тармагында сипатталған типтің жанама сынауы тәрізді.

Баска трансформаторлар үшін 7.2.6.203 қосымша тарауының b) тармагында сипатталған жанама сынауды пайдалануға болады, бірақ нәтижелеріне қоздыру тоғына қатысты түзету коэффициентін қолдану қажет. Бұл коэффициент карастырылатын типке ұксас трансформаторға қатысты тұра және жанама сынаулардың нәтижелері арасындағы салыстырмадан алынады, бұл арада дәлдік пен жүктеме шарты бойынша шекті еселік бірдей болу керек. Мұндай жағдайларда дайындаушы қолжетімді болу үшін есеп-кисалтарды өзінде ұстағаны жөн.

1-ЕСКЕРТПЕ Түзету коэффициенті тікелей тәсілмен алынған толық кемшілік пен жанама тәсілмен анықталған $I_{sr} \times ALF$ пайыз ретінде айқындалған қоздыру тоғының қатынасына тең.

2-ЕСКЕРТПЕ «Дәл сондай типті трансформатор» деген анықтама қатынастарына қарамастан, ампер-байламдар ұксас, материалдар және темір өзекшелер мен қайталама орамдар геометриялық үлестірімі бірдей екендігін білдіреді.

6.3.5.204 TRX, TPY және TPZ класти қорғаныс ток трансформаторларының трансформация коэффициентінің кемшілігін және фазаларының ығысының сынау

5.6.202.5.1 сәйкестігін дәлелдеу үшін трансформация коэффициентінің кемшілігін және фазалардың ығысының нақтылы ток кезінде өлшеу қажет.

Нәтижелер қайталама орамның 75°C температурасына сәйкес келу керек.

Осыған байланысты, қайталама орам температурасының нақтылы мәнін өлшеу және оның 75°C-ге түзетілген мәні арасындағы айырмашылықты анықтау қажет. Кемшілікті өлшеуді орам кедергісінің жогарыда аталған айырмашылығына ұлғайтылған R_b жүктемесімен орындау қажет.

КР СТ IEC 61869-2-2013

TPY және TPZ өзекшелері үшін баламалы түрде 75°C ($\Delta\varphi_{75}$) кезінде фазалардың ығысуын қоршаған ортаның температурасы ($\Delta\varphi_{amb}$) кезінде өлшеу және келесі тәсілмен есептеу арқылы орындауга болады:

$$\Delta\varphi_{75} = \Delta\varphi_{amb} \frac{R_a + R_b}{R_{clamb} + R_b}$$

мұндағы, R_{clamb} – қоршаған ортаның температурасы кезінде орамның кедергісі. Трансформация коэффициентінің кемшілігіне кедергіні осылайша түзетудің әсерін асыруға болады.

Типті сынау үшін және стандартты сынаулар үшін тікелей сынау тәсілін қолдануға туралы келеді (бастапқы орамның ток көзін және эталондық ток трансформаторын пайдалану арқылы). Шашыраудың реактивтік кедергісі тәмен ток трансформаторлары үшін 2Е қосымшасында жанама сынау тәсілі келтірілді. Оны жергілікті өлшеулер үшін және тұрақты бақылау мақсаты үшін қолдануға болады.

6.3.5.205 TPX, TPY және TPZ класты қорғаныс ток трансформаторлары үшін шарттарды шектеген кездегі қатені сынау

Стандартты сынаудың мақсаты шектелген шарттарда талаптарға сәйкестікті дәлелдеуден тұрады.

Егер ток трансформаторы – 2С қосымшасына сәйкес шашыраудың реактивтік кемшілігі тәмен трансформатор болса, онда 2В.2 сәйкес жанама сынауды орындау қажет.

Егер шашыраудың реактивтік кедергісі тәмен құрылымының талаптарына сәйкестік орнатылмаса, бірақ дәл сол типті ток трансформаторының типін сынау хаттамасы қолжетімді болмаса, онда 2В.2 сәйкес жанама сынауды орындау қажет. Бұл жағдайда егер коэффициент 1,1-ден артық болса, құрылымның ықтимал қолжетімді коэффициентін F_c карастыру қажет. Егер типті осылай сынау қолжетімді болмаса, онда топтаманың бір аспабын сынау қажет және оның нәтижелерін қалған аспаптарды жанама сынау кезінде эталондық ретінде пайдалану қажет.

1-ЕСКЕРТПЕ Құрылымның коэффициентін F_c анықтаған кезде ЭКК интеграциялау қажеттілігінен және дәлдіктің шекті шарттары кезінде сыйыктық емес параметрлердің салдарынан зертханалар өлшемнің жоғары белгісіздігін анықтау керек. Сонымен катар, аздаған зертханалар ғана қажетті жұмыс циклдерін шектелген дәлдікпен қамтамасыз ете алады, осыған байланысты тікелей және жанама сынаулардың нәтижелері тиісті түрде келісілмеген, соның нәтижесінде F_c сенімсіз мәндері алынуы мүмкін, сондықтан осы саладағы тәжірибе (сынауларды жүргізу) көп емес.

2-ЕСКЕРТПЕ «Дәл сондай типті трансформатор» деген анықтама қатынастарына қарамастан, ампер-байламдар ұксас, материалдар және темір өзекшелер мен қайталама орамдар геометриялық үлестірімі бірдей екендігін білдіреді.

6.3.5.206 РХ және PXR қорғаныс ток трансформаторлары үшін трансформация коэффициентінің кемшілігін сынау

РХ класы мен PXR класы үшін трансформация коэффициентінің кемшілігін 2F косымшасына сәйкес анықтау қажет.

Сынауды дайындаушы мен сатып алушы арасындағы келісім бойынша жалғанған нөл-Ом жүктемесімен трансформация коэффициентінің кемшілігін өлшеу арқылы алмастыруға болады.

Трансформация коэффициентінің кемшілігі 5.6.202.4 келтірілген шектерден аспау керек.

7.3.201 Қайталама орамның (R_{ct}) кедергісін анықтау

Келесі тармақтарға сәйкестікті дәлелдеу үшін қайталама орамның (R_{ct}) кедергісі келесі класты ток трансформаторлары үшін өлшену керек:

PR класы: 5.6.202.3.7 және 6.13.202.4 тармақтар
(егер параметрі белгіленсе);

PX, PXR класы: 5.6.202.4 және 6.13.202.5 тармақтар;

TPX, TPY, TPZ класы: 6.13.202.6 тармағы.

Нәтиже 75°C-ге немесе белгіленуі мүмкін басқа температурага сәйкес келу үшін тиісті түзетуді енгізу қажет.

PR, РХ және PXR кластары үшін 75°C-ге түзетілген алынған мәні белгіленген жоғарғы шектен аспау керек (егер ондай болса).

6.3.202 Қайталама ілмек уақытының (T_s) тұрақты мәнін анықтау

Келесі тармақтарға сәйкестікті дәлелдеу үшін қайталама ілмек уақытының (T_s) тұрақты мәні мынадай класстары бар ток трансформаторларында анықталу керек:

- PR класы: 5.6.202.3.6 тармағы (егер параметрі белгіленсе);

- TPY класы: 5.6.202.5.3 тармағы.

Өлшенген мәні кез келген белгіленген мәнінен ±30 %-ға аспау керек.

T_s анықтау үшін келесі формула пайдаланылу керек (2B.2 L_m анықтауды қарандыз):

$$T_s = \frac{L_m}{(R_{ct} + R_b)}$$

Жүктеме ВА-мен белгіленген нақтылық қуаттылық ретінде анықталған жағдайда R_b жүктеменің тең резистивтік бөлігі ретінде алынады.

Баламалы түрде, T_s келесі формуламен анықтауға болады:

$$T_s = \frac{1}{2\pi \int_R \times \tan(\Delta\phi)}$$

КР СТ IEC 61869-2-2013

Егер фазалардың ығысуы $\Delta\phi$ минутпен берілсе, онда келесі болжамды формуланы қолдануға болады:

$$T_S[c] = \frac{3438}{2\pi \int_R \times \Delta\phi[\text{мин}]}$$

1 ЕСКЕРТИЕ Фазалардың азгантай ығысуын өлшеудің белгісіздігі салдарынан $\Delta\phi$ пайдаланын тәсіл трансформация коэффициенті жоғары және фазаларының ығысуы аз ток трансформаторлары үшін қындықтар туғызуы мүмкін.

2 ЕСКЕРТИЕ ТРZ класти өзекшелер үшін T_s айқын көрсетудің қажеттілігі жоқ. $\Delta\phi = (180 \pm 18)$ мин дәлдігін талап етуді тексеруі стандартты сынау ретіндеге жүзеге асырылады. Бұл жағдайда T_s жоғарыда аталған формуламен анықталады.

6.3.203 Бұгілу нұктесінің нақтылы ЭҚҚ (E_k) және E_k кезінде қоздыру тоғын сынау

Тиісті тармаққа сәйкестікті дәлелдеу үшін тиісті кластары бар ток трансформаторлары үшін бұгілу нұктесінің нақтылы ЭҚҚ E_k кезінде бұгілу нұктесінің нақтылы ЭҚҚ өлшеу және қоздыру тоғын I_e өлшеу қажет:

PX, PXR класы: 5.6.202.4 тармағы.

Қоздырудың нақтылы жайлігі бар сай келетін синусоидалдық кернеуін трансформатордың толық орамынан қайталама орамының клеммаларына жалғау қажет, бұл арада барлық қалған клеммалар ажыратылған болу керек және қоздыру тоғы өлшемен керек.

Қоздыру кернеуін дыбысы түзетілген дабылдың орташа мәніне мөлшерлес, бірақ орташа квадраттық мәндерде калибрленген аспаппен өлшеу қажет. Қоздыру тоғын орташа квадраттық мәндерін өлшейтін, амплитудасының минималды коэффициенті 3 болатын аспапты пайдалана отырып, өлшеу қажет.

Қоздыру сипаттамасын $1.1 \times E_k$ тен кернеуге дейінгі графикте бейнелеу қажет.

E_k тен кернеу кезінде 3.4.215 сәйкес бұгілу нұктесінің шарты орындалу керек.

E_k тен кернеу кезінде (немесе кез келген мәлімделген пайыз кезінде) қоздыру тоғы I_e белгіленген шектен аспау керек.

1 ЕСКЕРТПЕ Тандалған трансформация коэффициенті бар, тарамдалған қайталама орамдары бар ток трансформаторлары үшін көздыру сипаттамасын есептеп шыгаруға болады, максималды трансформация коэффициентін ескермегендеге. Әрбір өлшеу нүктесі үшін келесі формулаларды қолдануға болады:

$$E_2 = E_1 \times \frac{k_{r2}}{k_{r1}}$$

$$I_{e2} = I_{el} \times \frac{k_{rl}}{k_{r2}}$$

мұндағы, k_{rl} , k_{r2} – трансформацияның екі нақтылы коэффициенті;

E_1 , E_2 – қайталама орам ЭҚҚ-н екі тиісті мәндері;

I_{el} , I_{e2} – көздыру тоғының екі тиісті мәні.

2 ЕСКЕРТПЕ Өлшеу нүктелерінің саны дайындаушы мен сатып алушы арасында келісілу керек.

3 ЕСКЕРТПЕ Әдетте бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ E_k қарағанда артығырақ болуға тиіс бүгілу нүктесінің нақтылы ЭҚҚ анықталады.

6.3.204 Байламаралық күш түсуді сынау

5.3.201 сәйкестігін көрсету үшін сынаулар орындалу керек.

Байламаралық күш түсуді сынауды келесі рәсімдердің біріне сәйкес келетін толық орам кезінде орындау қажет. Егер басқасы келісілмесе, онда рәсімді дайындаушы таңдайды.

А рәсімі: ажыратылған қайталама орамдар кезінде (амплитудалық кернеуді есептейтін жоғары импедансты құрылғымен жалғанған қайталама орамдар) жиілігі 40 Гц пен 60 Гц аралығындағы және нақтылы негізгі токқа тең орташа квадраттық мәні бар (немесе бастапқы токтың нақтылы ұлғайтылған тоғы, егер ондайлар болса) синусоидалық токты 60 с ішінде негізгі орамға жалғау қажет.

Егер 5.3.201 көрсетілген сынау кернеуі бастапқы орамның нақтылы тоғына (немесе бастапқы орамның нақтылы ұлғайтылған тоғына) жеткенге дейін ертерек алынса, жалғанған токты шектеу қажет.

Егер 5.3.201 көрсетілген сынау кернеуі бастапқы контурдың максималды тоғы кезінде қолжетімді болмаса, онда алынған кернеуді сынау кернеуі ретінде сынау қажет.

В рәсімі: Ажыратылған бастапқы орам кезінде 5.3.201 көрсетілген сынау кернеуін (кейбір сай келетін сынау жиілігі кезінде) 60 с ішінде әрбір қайталама орамның клеммаларына жалғау қажет.

Қайталама орам тоғының орташа квадраттық мәні қайталама орамның нақтылы тоғынан (немесе егер болса, тиісті ұлғайтылған мәнінен) аспау керек.

Сынау жиілігі сынау кернеуіне жететіндегі етіп таңдалу керек, бірақ ол 400 Гц-тен аспау керек.

КР СТ IEC 61869-2-2013

Егер 5.3.201 көрсетілген сынау кернеуі қайталама орамның максималды тоғы және максималды сынау жиілігі кезінде қолжетімді болмаса, онда алынған кернеуі үшінде есептелеу керек.

Сынау жиілігі нақтылы жиіліктен екі есе асып кетсе, сынаудың ұзактығын t төменде көрсетілгендей азайту қажет:

$$T = 120 \text{ s} \times \frac{\frac{f_R}{f_T}}{\frac{f_T}{f_T}}$$

мұндағы, f_R – нақтылы жиілік;

f_T – сынау жиілігі;

бұл арада t минималды мәні 15 с құрайды.

ЕСКЕРТПЕ Байламаралық күш түсінді сынау ток трансформаторын ажыратылған қайталама ораммен жұмыс істеуге жарамдылығын тексеру мақсатында орындалатын сынау болып табылмайды. Шамадан тыс күш түсі мен қызып кетуді болдырмау үшін ток трансформаторларын ажыратылған қайталама орамымен пайдаланбаған жөн.

6.4 Арийы сынаулар

6.4.3 Сыйымдықты және диэлектрлік шығындар коэффициентін өлшеу

IEC 61869-1 сәйкес келесі қосымшалармен бірге:

Сынау кернеуін ажыратылған бастапқы орам клеммалары мен жер арасынан өткізу қажет. Жалпы жағдайда, ажыратылған қайталама орам (орамдар), кез келген экран, сондай-ақ оқшауланған металлды қаптама өлшеу күралымен жалғану керек. Егер ток трансформаторында осы өлшем үшін сай келетін аринайы клеммасы болса, онда басқа да төмен волтты клеммалар ажыратылу керек және металлды қаптамамен бірге жерге немесе өлшеу күралының экранынан жалғану керек.

Сынауды трансформатор коршаған ортасын температурасында болған кезде және оның мәнін тіркеу мүмкін болған кезде жүргізу керек.

6.4.6 Ішкі доғаның әсері кезінде істен шыққанға дейін сынау

IEC 61869-1 сәйкес мынадай қосымшаларымен бірге ЕСКЕРТПЕ беріледі:

ЕСКЕРТПЕ Жоғарғы өзекшесі бар майлы трансформаторлар үшін істен шығу орын алған аймақ көптеген жағдайларда басты оқшаулағыштың жоғарғы бөлігінде орналасқан. У-тәрізді орамы бар майлы ток трансформаторлары үшін бұл аймақ жалпы жағдайда басты оқшаулағыштың төменгі бөлігінде орналасқан.

6.5 Үлгілерде сынау

6.5.1 Тік бұрыштық коэффициентін анықтау

Әдетте, үлгілерде сынау үшін әрбір өндірістік топтама үшін 7.2.6.206 анықталған типтік сынау қайталанады.

6.5.2 Өлшегіш ток трансформаторларының аспабының (FS) қауіпсіздік коэффициентін анықтау

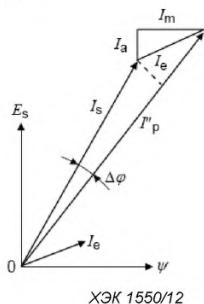
Әдетте, үлгілерде сынау ретінде әрбір өндірістік орта үшін 7.2.6.202 анықталған типтік сынау жағама тәсілді пайдалану арқылы қайталанады.

2А косымшасы (міндетті)

P, PR класты корғаныс ток трансформаторлары

2A.1 Векторлық диаграмма

Егер құрамында және жүктемесінде сыйықтық және магниттік құрамдас бөліктерден тұратын ток трансформаторы қаастырылса, онда бастапқы контурдың синусоидалды тоғы туралы қосымша ұйғарым берілген кезде барлық токтар, кернеулер мен магниттік ағыстар синусоидалдық болады және пайдалану сипаттамаларын 2A.1 суретте көлтірілген векторлық диаграммамен көрсетуге болады.



ХЭК 1550/12

2A.1 сурет - Векторлық диаграмма

2A.1 суретіндегі I_s шамасы қайталама орамның импедансы арқылы өтетін қайталама орамның тоғын және қажетті индукцияланатын E_s ЭҚҚ және ЖҚҚ векторына перпендикулярлы ψ қайталама орамының байланысқан ағысының шамасы мен бағытын анықтайдын жүктемені білдіреді. Осы ағыс бастапқы орамның ψ байланысқан ағысына қарама-қарсы магниттелмейтін құрамдас бөлігі I_m бар қоздыру тоғын I_e қолдайды, ал шығындардың құрамдас бөлігі (немесе белсенді құрамдас бөлігі) I_a ЭҚҚ-ге қарама-қарсы. Қайталама орам тоғы I_s мен қоздыру тоғының I_e векторлық сомасы – байламдардың қатынасы бойынша (бастапқы орам байламдарының санының қайталама орам байламдарының санына қатынасы) трансформацияның нақтылы коэффициентіне көбейтілген бастапқы орамның тоғын білдіретін I''_p вектор.

Трансформацияның нақтылы коэффициентіне тен байламдардың саны бойынша трансформацияның нақтылы коэффициентінің инверсиясы бар трансформатор үшін I_s және I''_p векторларының ұзындықтарының айырмашылығы – 3.4.3 анықтамасына сәйкес трансформация коэффициентінің (ε) айырмашылығы, ал $\Delta\varphi$ бұрыштарының айырмашылығы – 3.4.4 сәйкес фазалардың ығысу бұрыштарының айырмашылығы.

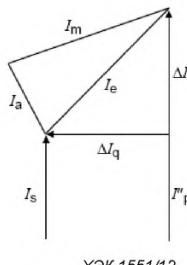
2A.2 Байламдық түзету

Егер трансформацияның нақтылы коэффициентінің инверсиясы трансформацияның нақтылы коэффициентінен өзгеше (әдетте кем) болса, онда ток трансформаторының байламды түзеткіші бар. Пайдалану сипаттамаларын бағалаған кезде байламдарға қатысты трансформацияның нақтылы коэффициентіне қобейтілген бастапқы орам тоғын I''_p және трансформацияның нақтылы коэффициентіне бөлінген бастапқы орам тоғын I'_p ажырата білу керек. Байламдық түзетудің болмауы $I'_p = I''_p$ білдіреді. Егер байламдық түзету болса, онда I''_p -ге қарағанда I'_p өзгеше болады, ал I'_p трансформация коэффициентінің (ε) кемшілігін анықтау үшін пайдаланылады, сол кезде байламдық түзету трансформация коэффициентінің (ε) кемшілігіне әсер ететіндігін байқауға болады (және осы мақсат үшін саналы түрде пайдаланыла алады). Алайда, I'_p және I''_p векторларының бірдей бағыты бар, осыған байланысты байламды түзету фазалардың ығысуына әсер етпейді.

Сондай-ақ байламды түзетудің толық түзетуге әсері оның трансформация коэффициентінің (ε) кемшілігіне әсерінен төмен екендігі де байқалады.

2A.3 Кемшіліктер үшбұрышы

2A.2 суретінде 2A.1 суретінің жоғарғы бөлігі үлкенірек масштабта және фазалар ығысуының аздығы соншалықты, тәжірибелік мақсаттар үшін I_s және I''_p векторларын қараша-қарсы деп есептеуге болады деген қосымша үйғарыммен көрсетілген. Қайтадан қандай да бір байламдық түзетудің болмауын болжай отырып, I_e -ді I_p -ге жобалау арқылы трансформация коэффициентінің кемшілігін (ε) алу үшін тоқтың I_e өте жакындастан синфазальық құрамадас (ΔI) бөлігі I''_p и I_s арасындағы арифметикалық айырмашылықтың орнына пайдалануы мүмкін. Осыған ұксас тоқтың I_e шаршылық құрамадас бөлігі (ΔI_q) фазалардың ығысуын айқындау үшін пайдаланылуы мүмкін.



ХЭК 1551/12

2A.2 сурет – Кемшіліктер үшбұрышы

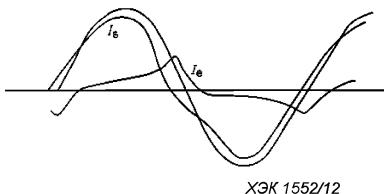
Осындай болжамдар кезінде I''_p бөлінген коздыру тоғы I_e 3.4.203 сәйкес толық кемшілікке тең.

Байламды түзетуі жоқ ток трансформаторы үшін және векторлық ұғым рүқсат етілген жағдайда трансформация коэффициентінің кемшілігі (ε), фазалардың ығысуы және толық кемшілік тікбұрышты үшбұрыш қалыптастырады.

Осы үшбұрышта толық кемшілікті білдіретін гипотенуза жүктеме мен қайталама орамнан тұратын жүктеменің толық импедансының шамасына тәуелденеді, бұл арада трансформация коэффициентінің кемшілігі (ε) мен фазалардың ығысуы арасындағы уақыт мөлшері жүктеме мен қоздыру тоғының толық импедансы қуаттылығының коэффициентіне тәуелденеді. Осы екі қуаттылық коэффициенттері тең болған кезде, яғни I_s мен I_e фазада орналасқан кезде фазалардың нөлдік ығысуы орын алады.

2A.4 Толық кемшілік

Толық кемшілік түсінігін қолдану векторлық ұғым негізделмеген жағдайда туындаиды, себебі сзықтық емес шарттар қоздыру тоғы мен қайталама тоғына жоғары үйлесімдік береді (2A.3 суретті караңыз).



P2A.3 сурет – Токтың типтік пішіндері

Дәл осы себеп бойынша толық кемшілік 3.4.203 сәйкес, трансформация коэффициентінің кемшілігі (ε) мен фазалар ығысуының векторлық сомасы ретінде айтарлықтай қарапайым емес тәсілмен 2A.2 суретте көрсетілгендей анықталды.

Жалпы жағдайда толық кемшілік те бастапқы орамда жоғары үйлесімдерінің қайталама орамда қатысуымен туындаған мінсіз ток трансформаторларынан ауытқуды білдіреді (Осы стандартта бастапқы орам тоғы әрдайым синусоидалдық болып есептеледі).

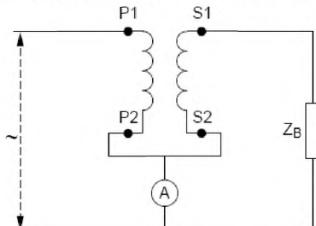
2A.5 Толық кемшілікті тікелей сыйнау

Стандартты тәсіл бастапқы орам тоғы мен қайталама орам тоғының дабылдарының пішініне жазуга және санмен көрсетуге және 3.4.203 анықтамаға сәйкес сандық интеграциялауды пайдалану арқылы толық кемшілікті есептеп шығаруға негізделеді.

Алайда, осы косымшада үкcas аспаптармен толық кемшілікті анықтаудың дәстүрлі тәсілдері сипатталған.

2A.4 суретте байламдардың 1:1 арақатынасы бойынша трансформация коэффициенті бар ток трансформаторы көрсетілген, ол бастапқы орам тоғының көзімен (синусоидалдық), сзықтық сипаттамалары бар қайталама

орамның жүктемесімен Z_B амперметрмен бастапқы орамның да, қайталама орамның да токтары амперметр арқылы, бірақ карама-карсы бағыттарда ететіндей болып жалғанады. Амперметр арқылы ететін нәтижелендіргіш ток бастапқы орамның синусоидалдық тоғының басым жағдайларында қоздыру тоғына тең болады, ал бастапқы орам тоғының орташа квадраттық мәнімен байланысқан осы токтың орташа квадраттық мәні 3.4.203 сәйкес толық кемшілік болып табылады; арақатынасы пайызбен айқындалады.

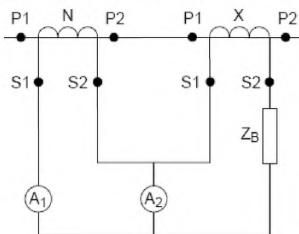


ХЭК 1553/12

2A.4 сурет - 1:1 ток трансформаторына арналған негізгі контур

2A.4 суретте толық кемшілікті тікелей өлшеуге арналған негізгі контур көрсетілген.

2A.5 суретте бірліктен өзгеше нақтылы трансформация коэффициенті бар ток трансформаторлары үшін толық кемшілікті тікелей өлшеуге арналған негізгі контурды білдіреді. 2A.5 суретте бірдей нақтылы трансформация коэффициенттері бар екі ток трансформаторы көрсетілген. Н әрпімен белгіленген ток трансформаторында басым шарттарда болмашы толық кемшілігі (минималды жүктеме) бар, бұл кезде X әрпімен белгіленген сыналатын ток трансформаторы өзінің нақтылы жүктемесімен байланысқан.



ХЭК 1554/12

2A.5 сурет – Түүнды трансформация коэффициенті бар ток трансформаторына арналған негізгі контур

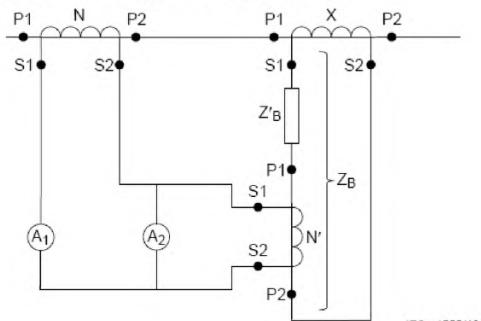
Екі трансформатор да бастапқы орамның синусоидалдық тоғының бірдей көзінен қуаттандырылады, ал амперметр қайталама орамның екі

токтары арасындағы айырмашылыкты өлшеу үшін жалғанған. Бұл жағдайларда A_1 амперметріндегі токтың ортаса квадраттық мәнімен байланысты A_2 амперметрдегі токтың ортаса квадраттық мәні – X трансформаторының толық кемшілігі; арақатынасы пайызбен айқындалады.

Осы тәсіл үшін N трансформаторының толық кемшілігі пайдаланған кезде болмашы болуы қажет. N трансформаторында белгілі толық кемшіліктің болуы жеткіліксіз, себебі анағұрлым құрделі табиғатының кесірінен (толқын пішінің бұрмалануы) N эталондық трансформаторының ешқандай толық кемшілігін сыйнау нәтижелерін түзету үшін пайдалануға болмайды.

2A.6 Толық кемшілікті тікелей өлшеудің баламалы тәсілі

Толық кемшілікті өлшеу үшін баламалы құралдарды пайдалануға болады және бір тәсілі 2A.6 суретте көрсетілген.



2A.6 сурет – Баламалы сыйнау контуры

2A.5 суретте көрсетілген тәсіл X трансформаторындағыдан нактылы трансформация коэффициенті бар және шекті дәлдіктің барапты орамының тоғы кезінде болмашы толық кедергісі бар «арнайы» эталондық N трансформаторын талап етеді. Сонымен катар, 2A.6 суретте көрсетілген тәсіл N және N' стандартты эталондық трансформаторларды олардың барапты орамдарының нактылы токтары кезінде пайдалануға мүмкіндік береді, осы эталондық трансформаторлардың болмашы толық кемшіліктері болу керек, бірак (осы жағдайда) талапты женилірек орындау керек.

2A.6 суретіндегі X – сыйналатын трансформатор. N – X трансформаторының шекті дәлдігінің барапты орамының нактылы тоғы сиякты дәл сондай шаманың барапты орамының нактылы тоғы бар стандартты эталондық трансформатор (сыйнауды орындау қажет болатын ток). N' – X трансформаторының шекті дәлдігінің барапты орамының нактылы тоғына сәйкес келетін қайталама орам тоғының шамасы тәртібінің барапты орамының нактылы тоғы бар стандартты эталондық трансформатор. N' трансформаторы X трансформаторының Z_B жүктемесінің

бір бөлігін құрайды, оны сәйкесінше Z_B жүктемесінің мәнін анықтаған кезде ескерген жөн. A_1 және A_2 – екі амперметр және A_2 амперметрі N және N' трансформаторларының кайталама орамдары арасындағы айырмашылықты елшеуін ойластыру қажет.

Егер $N - k_r$ трансформаторының, $X - k_{rx}$ трансформаторының, $N' - k'_r$ трансформаторының нақтылы трансформация коэффициенті болса, онда k_r трансформация коэффициенті k'_r , және k_{rx} туындысына тең болу керек:

$$k_r = k'_r \times k_{rx}$$

Бұл жағдайда A_1 амперметріндегі токпен байланысқан A_2 амперметріндегі токтың орташа квадраттық мәні X трансформаторының толық кемшілігі болып табылады; аракатынас пайызбен айқындалады.

ЕСКЕРТЕ 2A.5 және 2A.6 суреттерінде көрсетілген тәсілдерді пайдаланған кезде А2 үшін темен импедансты аспапты пайдалануды ойластыру керек, себебі осы амперметрдің ұштарындағы кернеу (2A.6 суретіндегідей жағдайда N' трансформаторының коэффициентіне бөлінген) X трансформаторының жүктемесінің бір бөлігін құрайды және осы трансформатордағы жүктемені азайту беталысы бар, Осылан ұксас, амперметрдің осы кернеуі N трансформаторындағы жүктемені ұлғайтады.

2A.7 Толық кемшілікті пайдалану

Толық кемшіліктің сандық мәні трансформация коэффициентінің кемшілігі (ε) мен фазалардың ығысуының векторлық сомасынан ешқашан кем болмайды (соңғысы сантирадиандармен берілген кезде).

Осылынан, толық кемшілік трансформация коэффициентінің кемшілігінің (ε) немесе фазалардың ығысуының анағұрлым жоғары ықтимал мәніне көрсетеді.

Трансформация коэффициентінің кемшілігі (ε) максималды ток релесінің жұмысы үшін, ал фазалардың ығысуы – фазалық сезімтал релениң (мысалы, бағытталған реле) жұмысы үшін ерекше мүддені білдіреді.

Дифференциалды реле болған жағдайда қолданылатын ток трансформаторларының толық кемшіліктерінің кисындастырылуын ескерген жөн.

Толық кемшілікті шектеудің қосымша артықшылығы – бастапқы орам тоғының үйлесімді құрамдас белгінің шектелуі, ол релениң белгілі типтерінің дұрыс жұмысы үшін қажет.

2В косымшасы (міндетті)

Айнымалы сипаттамаларға арналған қорғаныс ток трансформаторларының кластары

2B.1 Айнымалы сипаттамалардың өлшемдерін белгілеуге арналған негізгі теориялық есептер

2B.1.1 Қыска түйікталу

Келесі есептеулер С-О жұмыс цикліне қатысты. С-О-С-О жұмыс циклдері 2B.1.3 қарастырылады.

Қыска түйікталу тоғының лездік мәніне арналған жалпы айқындааманы келесі тәсілмен анықтауга болады:

$$i_k(t) = \sqrt{2} I_{psc} [e^{-t/T_p} \cos(\gamma - \varphi) - \cos(\omega t + \gamma - \varphi)] \quad (2B.)$$

Мұндағы

I_{psc} - $I_{psc} = K_{ssc} \times I_{pr}$ қыска түйікталуының симметриялық тоғының орташа квадраттық мәні;

$T_p = \frac{L_p}{R_p}$ - бастапқы орам уақытының тұракты мәні;

γ - ауыстырып-косу немесе қыска түйікталу бұрышы;

$\varphi = \arctan \frac{X_p}{R_p} = \arctan(\omega T_p)$ - жүйенің қыска түйікталу импедансының фазалық бұрышы;

ω - $2\pi f_R$ бұрыштық жиілігі;

R_p және X_p қыска түйікталу кезінде баламалы дереккөз мына формулаға тең болған кезде:

$$u(t) = -U_{max} \cos(\omega t + \gamma) \quad (2B.2)$$

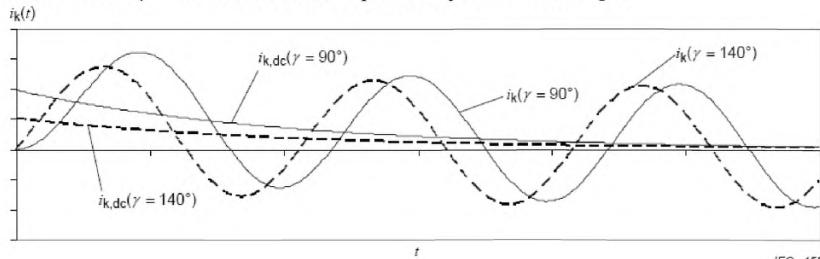
Үлкіншамдау үшін жүйснің қыска түйікталу бұрышы мен импеданс бұрышын бір бұрышка дейін сомалауға болады, бұл математикалық тұрғыдан түсіну үшін есептеуді женілдетеді

$$\theta = \gamma - \omega \quad (2B.3)$$

$$i_k(t) = \sqrt{2} I_{psc} [e^{-t/T_p} \cos(\theta) - \cos(\omega t + \theta)] \quad (2B.4)$$

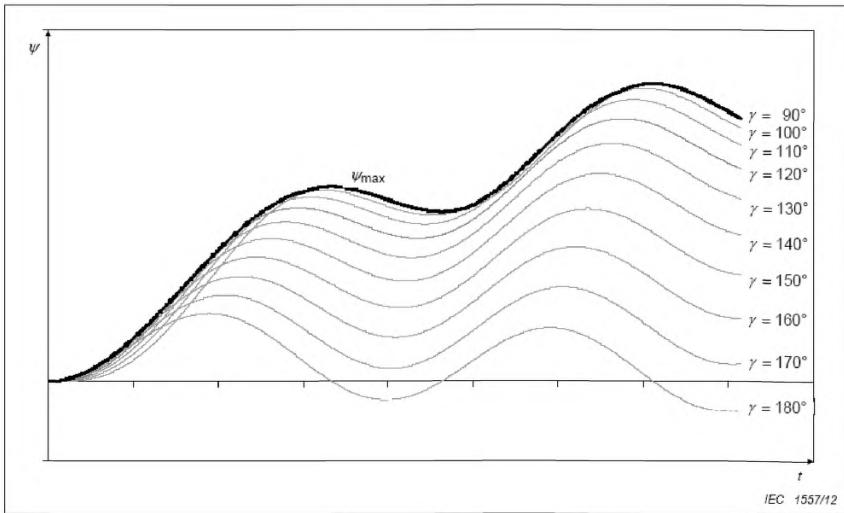
Екі бұрыш θ және γ қысқа түйыкталу бұрышының өзгеру ықтималдығының сипаттайды, сәйкесінше, оларды баламалы түрде, жағдайлар бойынша, бірақ оларың анықтамаларына сәйкес қолдануға болады.

2B.1 суретте бастапқы орамның қысқа түйыкталудың екі типтік тоғы көрсетілген. Бастапқы ток қысқа түйыкталудың $\gamma = 90^\circ$ бұрышы кезінде туындайды, бұл ұзақ уақыт t'_{al} ішінде қайталама орамның ең жоғары амплитудалық тоғына және байланысқан ағыстың ең жоғары шынына келтіреді (2B.2 сурет), бұл арада екінші ток $\gamma = 140^\circ$ бұрышында пайда болады, бұл төмен асимметрияға экеп соғады. Соңғы көрсетілген жағдайлар қысқа кезеңдер t'_{al} үшін маңызды, себебі циклдің бірінші жартысы кезінде ток пен ағыс $\gamma = 90^\circ$ жағдайына қарағанда уақытша жоғары.



IEC 1556/12

2B.1 сурет – Қысқа түйыкталудың екі әр түрлі бұрыштарына арналған қысқа түйыкталу тоғы



IEC 1557/12

2B.2 сурет - ү қысқа тұйықталуының барлық сай келетін бұрыштарын ескеретін ағыстың ең жоғары мәндерінің $\psi_{max}(t)$ қисығы ретінде

Қысқа тұйықталу бұрышының ықтимал азайтылған өрісін кейбір ерекше жағдайларда K_{td} азайтылған коэффициентіне келтіре алатын азайтылған асимметрияны анықтау үшін пайдалануға болады.

ЕСКЕРТПЕ IEC 61869-100 сәйкес ток бұрышын шектеу мүмкіндігі осы стандартпен қамтылмаган.

2B.1.2 Айнымалы өлшемдік коэффициент K_{td}

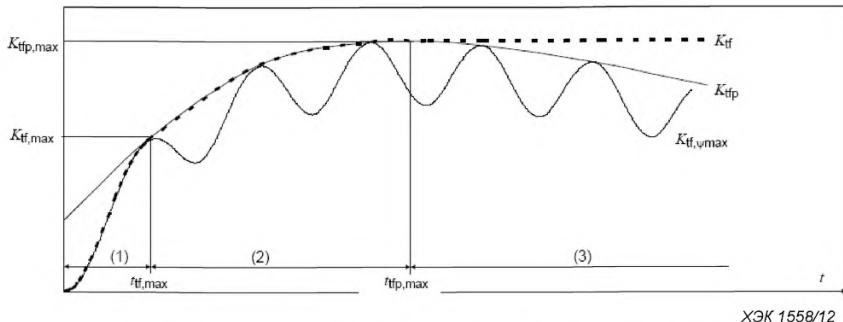
Айнымалы өлшемдік коэффициент K_{td} – өзекшениң өлшемдерін белгілеуге арналған кесімді параметр; ол техникалық деректер келтірілген тақтайшада көрсетілген, оны K_f айнымалы коэффициентінің әр түрлі атқарымдарынан, томенде көрсетілген формулалар бойынша 2B.3 суретіне сәйкес есептеп шығаруға болады.

Кейбір жағдайларда қорғаныс жүйесі t'_{al} , мәнін талап етуі мүмкін, бұл түракты мәні болып табылмайды және қысқа тұйықталу тоғының әр түрлі параметрлеріне тәуелденеді, осыған байланысты айнымалы өлшемдік коэффициент K_{td} реле төзімдігінің типін сынаудан алынуы және қорғаныс жүйесін дайындаушымен белгіленуі мүмкін.

Осы тарауда белгіленген айнымалы коэффициент K_f ток трансформаторының тұрақты индукциялығы, омық жүктемесі бар және тік бұрыштық есепке алынбаған баламалы контурдың дифференциалдық тендеуінен алынады. Осы қосымшада дифференциалдық тендеулердің шешімдері не болмаса қисықтардың диаграммалары ретінде, не болмаса ықшамдатылған формулалар ретінде берілген.

ЕСКЕРТПЕ Дифференциалдық тендеулер мен нақты шешімдер IEC 61869-100 TR келтірілген.

Қайталама орамның коэффициенті K_f мен байланыскан ағыс уақытқа тәуелденеді, яғни қорғаныс жүйесі талап ететін дәлдік шегіне дейінгі уақытқа t'_{al} тәуелденеді. Сызықтық индукциямен есептеген кезде шешім ток трансформаторының алғашқы қанығуына дейін жарамды.



ХЭК 1558/12

2B.3 сурет – Айнымалы коэффициентті есептеуге арналған тиісті уақыт өрістері

2B.3 суретіндегі $K_{tf,\psi\max}$ кисығы мынадай түрде құрылған:

ψ_{\max} кисығының әрбір сәті үшін (2B.2) K_f мәні оның 3.4.233 анықтамасына сәйкес есептеледі. K_{tf} – тиісті бүгілетін кисық. K_f үш аткарымымен анықталған үш өрістің ажырауын білу керек.

1: $0 \leq t_{al} < t_{tf,max}$ өрісі:

Бірінші уақыт өрісінде K_f кисығы $K_{tf,\psi\max}$ кисығынан кейін келеді.

Уақыт өрісі уақыт нөл болған сәтте басталады және $K_{tf,\psi\max}$ кисығы белгілі уақыт өткінде K_{tf} шындардың бүгілетін кисығына жанасады

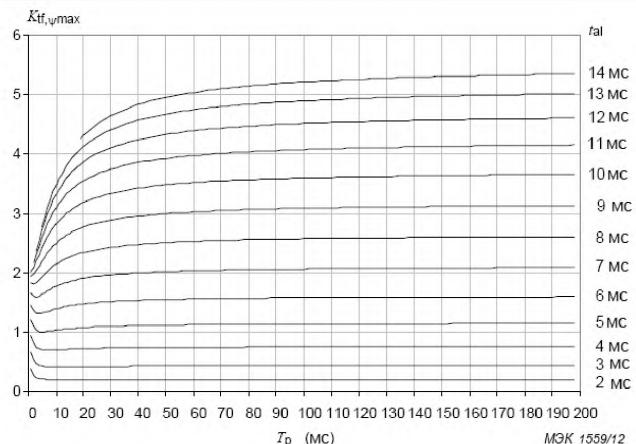
$$t_{tf,max} = \frac{\pi + \varphi}{\omega} \quad (2B.5)$$

$\gamma = 90^\circ$ болған кезде формула (2B.5) анағұрлым ортақ формуладан онылайладады, бұл барлық дерлік колдану үшін сай келеді.

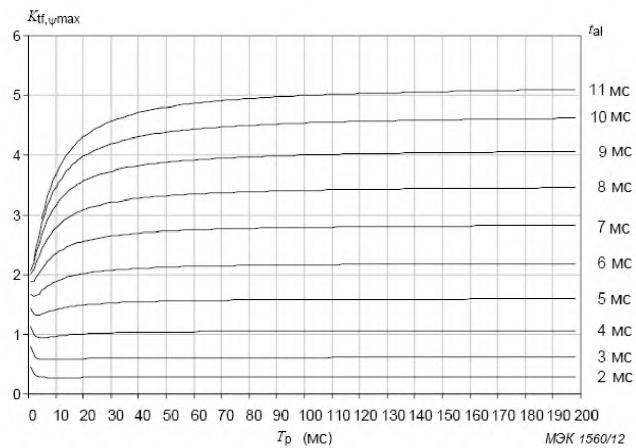
Жоғарыда көрсетілген уақыт өрісінің шегінде $K_{tf,\psi\max}$ анағұрлым нашар жағдайда ауыстырып-косу бұрышын θ (t'_{al}) ескереді, бұл дәлдікті шектеу уақытының t'_{al} сәтінде ен күшті ағыска әкеп соғады. 2B.4 - 2B.6 суреттерінде t'_{al} әр түрлі мәндері үшін T_p бастапқы орамының тұрақты уақытынан K_f тәуелділік кисықтары көрсетілген. Есептеу кезінде T_s қайталама орамы уақытының үлкен тұрақты мәні таңдалды. Анағұрлым төмөн мәндер T_s біршама төмөн мәндерге K_f әкеп соғады.

ЕСКЕРТПЕ ИЕС 61869-100 TR көбірек кисықтар берілген.

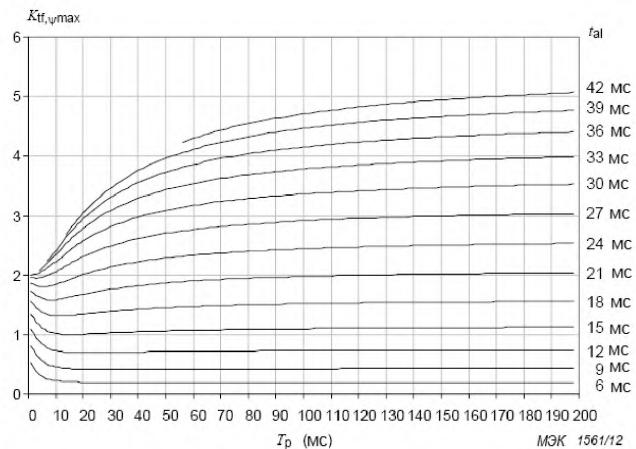
2B.4 сурет –
 $T_s = 1,8$ с үшін 50 Гц
 болған кездеңі 1 уақыт
 өрісінде K_{tf} анықтау



2B.5 сурет –
 $T_s = 1,5$ с үшін 60 Гц
 болған кездеңі 1 уақыт
 өрісінде K_{tf} анықтау



2B.6 сурет –
 $T_s = 5,5$ с үшін 16,7 Гц
 болған кездеңі 1 уақыт
 өрісінде K_{tf} анықтау



2-өріс: $t_{tf,max} \leq t_{al} < t_{tfp,max}$

Екінші уақыт өрісінде $\gamma = 90^\circ$ үшін K_{tf} кисығы K_{tfp} бүгілу кисығынан кейін келеді, бұл ен жоғары шың тоғына экеп соғады, сондыктан $\theta = 90^\circ - \varphi$

$$K_{tfp} = \frac{\omega T_s T_p}{T_p - T_s} \cos(\theta) \left(e^{-t_{al}/T_p} - e^{-t_{al}/T_s} \right) + \sin(\theta) e^{-t_{al}/T_s} + 1 \quad (2B.6)$$

Уақыт өрісі төмендегідей сәтте K_{tfp} кисығының максимумында аяқталады

$$t_{tfp,max} = \frac{T_p T_s}{T_p - T_s} \ln \frac{\frac{T_p}{T_s} \cos(\theta) + \frac{T_s - T_p}{\omega T_s^2} \sin(\theta)}{\cos(\theta)} \quad (2B.7)$$

3-өріс: $t_{tfp,max} \leq t_{al}$

K_{tf} үшінші уақыт өрісінде $K_{tfp,max}$ формулада (2B.8) берілген тұрақты мағынаны қабылдайды, ол K_{tfp} кисығының максималды мәні ретінде анықталады

$$K_{tfp,max} = \left(\omega T_p \cos(\theta) + \frac{T_p + T_s}{T_s} \sin(\theta) \right) \times \left[\frac{\frac{T_p}{T_s} \cos(\theta) + \frac{T_s - T_p}{\omega T_s^2} \sin(\theta)}{\cos(\theta)} \right]^{\frac{T_p}{T_s - T_p}} + 1 \quad (2B.8)$$

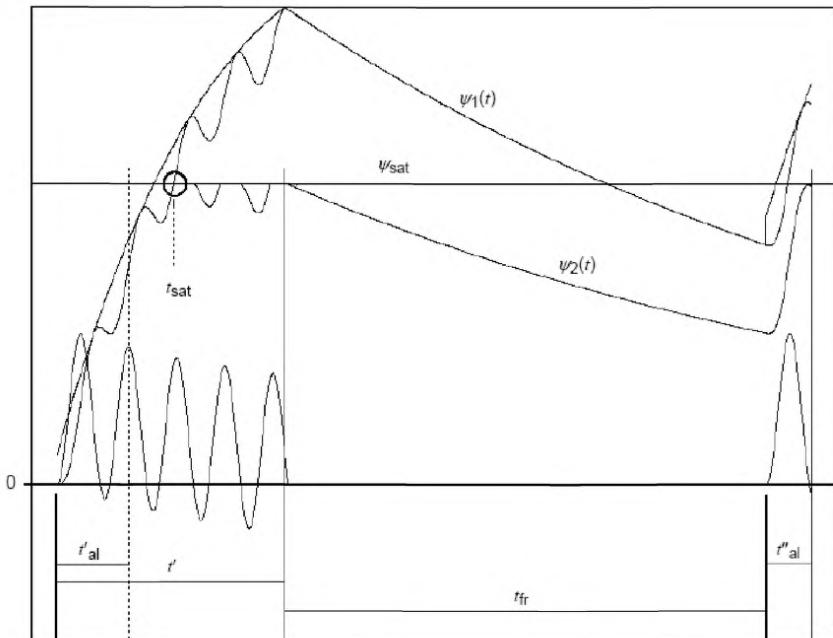
2B.1.3 C-O-C-O жұмыс циклдері

Автожабылатын жұмыс циклдеріне арналған айнымалы параметрлерді белгілеуді жоғарыда көлтірілген формулаға сәйкес жекелеп орындау қажет.

Қайталама орамы уақытының көбірек тұрақты мәні бар өзекшелер үшін (TPX өзекшелері) t' кейін ешкандай айтартықтай құлдырау байқалмайды

$$K_{td(C-O-C-O)} = K_{td}(t') + K_{td}(t''_{al}) \quad (2B.9)$$

Қайталама орамы уақытының азғантай тұрақты мәні бар өзекшелер үшін (TPY және TPZ өзекшелері), қайталама орамның байланыскан ағысы t_{fr} катені қайталau уақыты ішінде T_s қайталама орамы уақытының тұрақты мәнімен экспоненциалды түрде азаяды. Бұл жағдайда бірінші циклдегі мүшелік кезінде t уақыт аргументі үшін ешкандай талдау формуласы жоқ және бірнеше жағдайлардың шектелуі талап етілуі мүмкін.



ХЭК 1562/12

2B.7 сурет – Өзекшени қанықтыруды есепке алу арқылы магниттік өрісті шектеу

2B.7 суретте типтік жағдай көрсетілді, онда қанығу t'_{al} кейін орын алады. Ағын ($\psi_2(t)$) 'т мәніне жеткенге дейін қанығу ағысымен (ψ_{sat}) шектеледі. Белгілі уақыт t_{fr} ішінде ол t'_{al} дейін қанығудан төмен болып қалу үшін жеткілікті болып табылатын мәніне жетеді. Қанығуды елемеу арқылы (кесіп өткен қисық $\psi_1(t)$) азайтылған ағыс екінші циклдің басында анағұрлым жоғары деңгейден басталады. Осы мысал бірінші және екінші циклде өзекше параметрлерінің негізгі белгіленуі мен K_{td} анықтамасы арасындағы өзара байланысты көрсетеді.

1 ЕСКЕРТПЕ С-О-С-О циклінің формуласы (IEC 60044-6 қараныз) бірінші цикл шенберіндегі қанығуды елемейді және көптеген жағдайда шамадан асатын жоғары мәндерге K_{td} әкеп согады (2B.7 сурет).

Сондықтан 2B.7 суретте көрсетілген графикке ұксайтын график сыйуды ұсынамыз. Формула (2B.1) K_{td} үшін жоғары шекті береді:

$$K_{td,(C-O-C-O)max} = \max\{ K_{td}(t'_{al}), K_{td}(t') e^{-(t_{fr} + t''_{al})T_s} + K_{td}(t''_{al}) \} \quad (2B.1)$$

2 ЕСКЕРТПЕ IEC 61869-100 TR есептей тәсілдері берілген, оларды K_{td} мәнін анықтау үшін пайдалануға болады

2B.2 Өзекшениң магниттелу сипаттамаларын өлшеу

2B.2.1 Жалпы ережелер

Өзекшениң магниттелу сипаттамаларын өлшеу мынаны білдіреді:

- L_m магниттелу индукциялығын өлшеу;

- K_R тік бұрыштық коэффициентін өлшеу;

- шекті жағдайлар кезінде жанама тәсілді пайдалану арқылы кемшілікті анықтау.

Бұл келесі аракатынасқа негізделген. Егер туынды кернеу $u(t)$ қайталама орамның клеммаларына жалғанса (2B.8 суретті караңыз), онда белгілі уақыт t кезінде қайталама орам арқылы байланысқан ағыс $\psi(t)$ осы кернеумен келесі тәсіл арқылы салыстырылады:

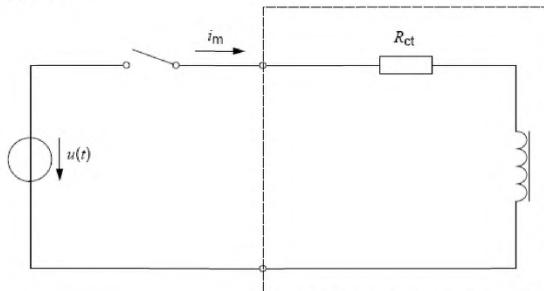
$$\psi(t) = \int_0^t (u(t) - R_{ct} \times i_m(t)) dt \quad (2B.11)$$

Мұндағы, i_m – магниттелу тоғының лездік мәні.

ЕСКЕРТЕПЕ «Қоздыру тоғы» термині айнымалы токтың шамаларын (3.3.207 караңыз), пайдаланатын орташа квадраттық мәні резервтегендіктен, i_m және «магниттелу тоғы» термині тұркакты ток тәсілінде және конденсаторлық разряд тәсілінде лездік мәндер үшін пайдаланылады.

Осы аракатынас тарауларда сипатталған тәсілдерде пайдаланылады.

Қайталама орам кедегісінің үшінда кернеудің төмендеу эсерін бағалау қажет. Егер осындай төмендеу 2 %-дан асып кетсе, онда оны өлшенген кернеуден шығару қажет.



ХЭК 1563/12

2B.8 сурет - Негізгі контур

Тік бұрыштықтың жоғары коэффициентінің салдарынан ТРХ ток трансформаторлары үшін өзекшени әрбір сынаудың алдында магнитсіздендіру қажет. ТРҮ ток трансформаторлары үшін қалған ток жиі төмен болады. Магнитсіздендіру қосымша қаражатты талап етеді, оның көмегімен гистерезистің баяу төмендейтін ілмектерінің канығудан

басталатын әсеріне ұшырауға болады. Тұракты токты сынау тәсілін пайдалану қажет болған кезде әдетте тұракты ток көзі қамтамасыз етілу керек.

Осы үш тәсілдің кез келгенін қолдануға болады (айнымалы ток тәсілі, тұракты ток тәсілі, конденсаторлық разряд тәсілі).

2B.2.2 Айнымалы ток тәсілі

2B.2.2.1 Магниттелу индукциялығын L_m анықтау

Іс жүзінде айнымалы токтың синусоидалық кернеуі қайталама орамның клеммаларына жалғанады және қоздыру тоғының тиісті мәні өлшенеді. Орамның және қайталама орам клеммалары кернеуінің рұқсат етілмеген жалғануына жол бермеу үшін сынауды f' жиілігі төмен болған кезде орындауга болады. Шамадан тыс ток үйіткыш машинасының әсерлері орамның қабаттары арасындағы осындай өзекшелерде және сыйымдықты токтарда анағұрлым төмен жиіліктер кезінде жалған көрсеткіштерді тудыру әсерлері төмен. Нәтижесін қаныгуын қисығы ретінде бейнелеу қажет.

Қоздыру кернеуін дыбысы түзетілген дабылдың орташа мәнін мөлшерлес, бірақ орташа квадраттық мәніне калибрленген аспаппен өлшеу қажет. Қоздыру тоғын амплитуданы өлшектін аспапты пайдалана отырып, өлшеу қажет.

Қайталама байланыскан ағыстың ψ амплитудалық мәнін f' жиілік кезінде U жалғанған кернеудің орташа квадраттық мәніне келесі тәсілмен алуға болады:

$$\hat{\psi} = \frac{\sqrt{2U}}{2\pi f'}$$

Сәйкесінше, қанығу кернеуі U_{sat} қанығу ағысымен ψ мынадай тәсілмен аракатынасқа түседі:

$$\hat{\psi}_{sat} = \frac{\sqrt{2U_{sat}}}{2\pi f'}$$

201 ЕСКЕРТПЕ U_{sat} мәнін қисық іс жүзінде көлденен болған жерде кернеудің мәні ретінде бағалауға болады. U_{sat} -дан L_m дейінгі анықтамаларда дерексіздіктің әсері іс жүзінде болмашы.

Осы есептеуді қарастыра отырып, қисық қоздыру тоғының амплитудалық мәні мен қайталама орамның ψ байланыскан ағысының амплитудалық мәні арасында талап етілетін қисықты береді. Магниттелу индукциялығы L_m ағыстың 20 % және 70 % арасында осы қисықтың орташа бүтілгін білдіреді, бұл мынадай тәсілмен есептеледі:

$$L_m = \frac{0,5 \times U_{sat} \times \sqrt{2}}{(\hat{t}_{70} - \hat{t}_{20}) \times 2\pi f}$$

мұндағы, \hat{t}_{20} - U_{sat} 20 % кезіндегі қоздыру тоғының амплитудалық мәні; \hat{t}_{70} - U_{sat} 70 % кезіндегі қоздыру тоғының амплитудалық мәні.

202 ЕСКЕРТПЕ Осы формула IEC 60044-6 (B4) берілген формуладан қанығуды жақсырақ анықтау салдарынан айрықшаланады.

2B.2.2.2 Шекті жағдайлардағы кемшілікті анықтау

2B.2.2.1 сәйкес жабдықты сынау жиынтығын пайдалану қажет.

Кернеу мынадай тәсілмен белгіленген E_{al} тен қернеуге дейін ұлғайтылу керек:

$$E_{al} = K_{SSC} \times K_{td} \times (R_{ct} + R_b) \times I_{sr}$$

Тиісті қоздыру тоғы \hat{I}_{al} мынадай параметрлерден асып кеппеу керек:

$$\text{TPX және TPY кластары үшін: } \hat{I}_{al} \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{SSC} \times \hat{\varepsilon}$$

$$\text{TPZ класы үшін: } \hat{I}_{al} \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{SSC} \times \left(\frac{K_{td} - 1}{2\pi f_R \div T_S} \right) + \hat{\varepsilon}_{ac}$$

ЕСКЕРТПЕ TPZ ток трансформаторлары үшін дәлдік айнымалы құрамдас бөлік үшін белгіленген, ал рұқсат етілетін I_{al} анықтау кезінде жанама сынаулар уақытының мәндерін қоздыру тоғының тұракты құрамдас бөлігі ретінде ескеру қажет. Жоғарыда келтірілген формулада тұракты құрамдас бөлік мүше ретінде ұсынылған ($K_{td} - 1$).

2B.2.2.3 Тік бұрыштың коэффициентін K_R анықтау

2B.2.2.1 және 2B.2.2.2 қараланда, айнымалы ток дабылдарының пішіндері байқалу керек. Айнымалы ток тәсілімен тік бұрыштың коэффициентін K_R анықтаған кезде 2B.2.1 берілген формулаға (1) сәйкес қоздыру кернеуін интеграциялау қажет. Тиісті тоғы i_c бар интеграцияланған кернеу қанығу ағысын ψ_{sat} көрсететін гистерезис ілмегін көрсетеді. Нөл арқылы өту нүктесіндегі қайталама орамның байланыскан ағысының мәні қалдық ағысты ψ_r білдіреді деп есептеледі (2B.9 суретті қараңыз).

Бұл жағдайда тік бұрыштық коэффициент K_R келесі тәсілмен есептеледі:

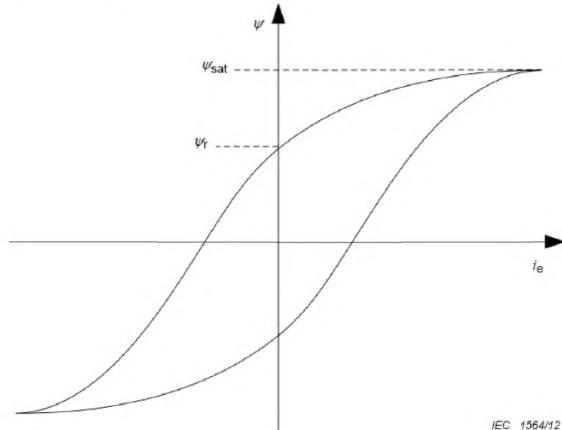
$$K_R = \frac{\psi_r}{\psi_{sat}} \quad (2B.12)$$

Анағұрлым тәмен жиіліктер кезінде өзекше орам қабаттары арасындағы тоқтары мен сыйымдықты тоқтардағы шамадан тыс тоқты үйітқыма

КР СТ IEC 61869-2-2013

шығындардың әсерлері анағұрлым төмен жиіліктер кезінде жалған төмен көрсеткіштерді тудыру ықтималдығы бар.

ЕСКЕРТПЕ ψ_{sat} мәнін кисық іс жүзінде көлденен болған жерде қайталама орам ағысының мәнін бағалау кажет.



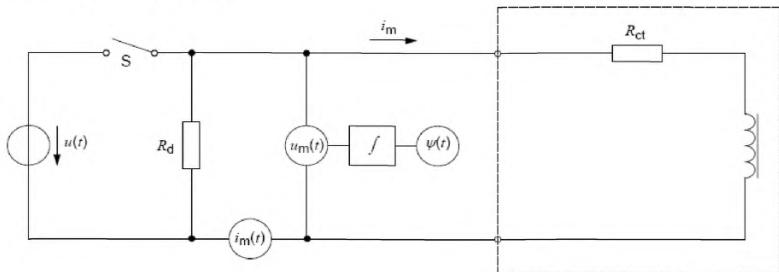
ХЭК 1564/12

2B.9 сурет – Гистерезис ілмегі бойынша тік бұрыштық коэффициентін анықтау

2B.2.3 Тұракты ток тәсілі

2B.2.3.1 Жалпы ережелер

Тұракты токпен қанығу тәсілі қанығу ағысына жететіндей ұзындығы бар тұракты ток кернеуін $u(t)$ пайдаланады. Ағысты өлшеу 2B.2.1 берілген формулаға (2B.11) сәйкес өлшенеді, мұндағы $u(t)$ – клеммалардағы кернеу (2B.10 суретті қараныз).



ХЭК 1565/12

2B.10 сурет – Тұракты ток тәсіліне арналған контур

Ауыстырылатын кернеудің көзі ток трансформаторын қанығу күйіне енгізуге сай болу керек.

R_d разрядтық резисторы жалғану керек, кері жағдайда S сөндірушісі ажыратылған кезде, ал индукциялық ток ұзілген кезде өзекшениң магниттелу индукциялығы өте жоғары кернеуді туғызыу мүмкін.

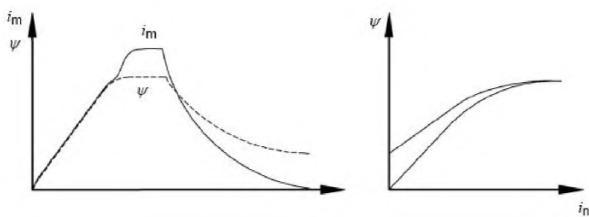
2B.2.3.2 Тік бұрыштық коэффициентті K_R анықтау

Сынау контурын 2B.2.3.1 сәйкес пайдалану кажет.

Сөндіргіш S түйікталғаннан кейінгі біршама уақыт өткен соң магниттелу тоғы максималды мәніне (i_m) жетеді деп есептеледі, ондай ток кезінде қайталама орамның байланыскан ағысы тұрақты болып қалады. Тұрақты шамага жеткенге дейін i_m кисығы қанығудың көрсететін градиенттің айтарлықтай ұлғаюын көрсету керек. Тұрақты ток көзі трансформатор өзекшесін өзінің шектеулерінің кесірінен сынау нәтижелеріне әсер етпей, қанығу күйіне енгізуге қабілетті болу керек. Егер қайталама орамның байланыскан ағысы магниттелу тоғына қарағанда тұрақты мәніне ертерек жетсе, осы шарт орындалады.

Магниттелу тоғы мен ағыстың ұлғаятын мәнін мәні тұрақты болған уақытка дейін тіркеу кажет, содан кейін сөндіргіш S ажыратылады.

Ағыстың ψ және магниттелу тоғының i_m типтік сынау жазбалары 2B.11 суретте көрсетілген.



ХЭК 1566/12

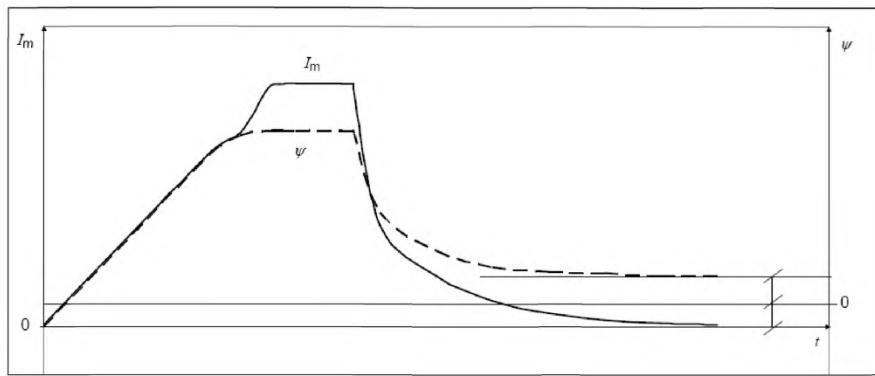
2B.11 сурет – Амплитуданың уақыт пен ток ағысына тәуелділік диаграммасы

S сөндіргіші ажыратылған кезде азайтылатын ток қайталама орам мен R_d разрядтау резисторы арқылы өтеді. Тиісті ағыстың мәні азаяды, бірақ нөлге дейін түсे алмайды.

Қанығу ағысының ψ_{sat} жету үшін сай келетін магниттеу тоғы i_m таңдалғаннан кейін нөлдік ток кезінде қалдық токтың мәні қалған магниттік еріс ψ_r болып есептеледі.

Озекшесі ертеректе магнитсіздендірілген ток трансформаторы үшін қанығу ағысы мен қалдық ағысты қосымша сынау арқылы анықтауға болады, онда қайталама клеммалардың орны ауыстырылған. Осында тәсіл арқылы алынған қайталама орамның байланыскан ағысына қалған токтың айқын

өлшемен мәнінің жартысы енеді, осыған байланысты нөлдік сзыбыты тиісті түрде жылжыту керек, бұл қанығу ағысы мен қалдық ағыстың түзетілген мәнін береді (2B.12 суретті караңыз).



ХЭК 1567/12

2B.12 сурет – Ағыстың жылжытылған нөлдік сзыбымен жазу

Тік бұрыштық коэффициент K_R келесі тәсілмен анықталады:

$$K_R = \frac{\psi_r}{\psi_{sat}}$$

2B.2.3.3 Магниттелу индукциялығының L_m анықтау

2B.2.3.2 сынау рәсімін пайдалану қажет.

Магниттелу индукциялығының (L_m) келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$L_m = \frac{0,5 \times \psi_{sat}}{i_{70} - i_{20}}$$

мұндағы, i_{20} - 20 % ψ_{sat} кезіндегі магниттелу тоғының амплитудалық мәні;

i_{70} - 70 % ψ_{sat} кезіндегі магниттелудің амплитудалық мәні.

ЕСКЕРТПЕ Қанығудың жақсартылған анықтамасының нәтижесінде осы формула алдынғы IEC 60044-6 (B4) стандартында берілген формулаға караганда өзгеше.

2B.2.3.4 Шекті жағдайларда кемшілікті анықтау

Сынау контурын 2B.2.3.1 сәйкес пайдалану қажет.

Кайтала ма орамның ψ_{al} байланысқан ағысы кезінде i_m магниттелу тоғының шекті шарттарын анықтау үшін токты ұлғайту арқылы өлшеу қажет.

ψ_{al} шамасы келесі формулада келтірілген:

$$\Psi_{al} = \frac{\sqrt{2} \times E_{al}}{2\pi \int_R} =$$

Магниттеу тоғы i_m келесі шектерден аспау керек:
TPX және TPY кластары үшін: $i_m \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{ssr} \times \hat{\varepsilon}$

$$i_m \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{ssr} \times \left(\frac{K_{td} - 1}{2\pi \int_R \times T_s} + \hat{\varepsilon}_{ac} \right)$$

TPZ класы үшін:

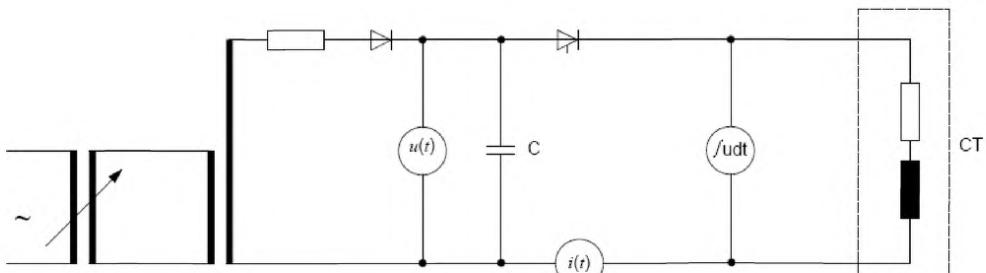
ЕСКЕРТПЕ TPZ ток трансформаторлары үшін дәлдік айнымалы мәні үшін ғана анықталған, ал бұл кезде жанама сынаулар кезінде рұқсат етілген мәнін i_m анықтау барысында қоздыру тоғының тұракты құрамдас бөлігін де ЕСКЕРТПЕ қажет. Жоғарыда келтірілген формулада тұракты құрамдас бөлік мүшемен келтірілген ($K_{td} - 1$).

2B.2.4 Конденсаторлық разрядтау тәсілі

Конденсаторлық разряд тәсілінде конденсатордың заряды ток трансформаторы өзекшесінің қайталама орамнан қоздырылуы үшін пайдаланылады. Ток 2B.2.1 келтірілген формулага (1) сәйкес өлшенеді, мұндағы $u(t)$ – клеммалардағы кернеу (2B.13 суретті қарандырылады).

Конденсатор тиісті E_{al} ағысына ψ_{al} тең немесе осы ағыстың мәнінен асатын қайталама орамның байланысқан ағысының генерациялау үшін жеткілікті жоғары кернеумен қуаттандырылады, 2B.13 суретті және 2B.14 суретті қарандырылады.

$$\Psi_{al} = \frac{\sqrt{2} \times E_{al}}{2\pi \int_R}$$



ХЭК 1568/12

2B.13 сурет – Конденсаторлық разряд тәсіліне арналған контур

КР СТ IEC 61869-2-2013

ψ_{al} жеткен сәтте қоздырудың i_m қайталама тоғының амплитудалық мәнін өлшеу қажет; ол қайталама орамның \hat{I}_{al} қоздыру тоғының амплитудалық мәнін асып көтпей керек.

Қайталама орам T_s уақытының тұрақты мәні 90 % E_{al} сәйкес келетін кернеу-уақыт аралығымен кернеуді жалғау арқылы анықталу керек. Тиісті қоздыру тоғы i'_m мен қайталама орам уақытының тұрақты мәні мынадай тәсілмен өлшеннеді:

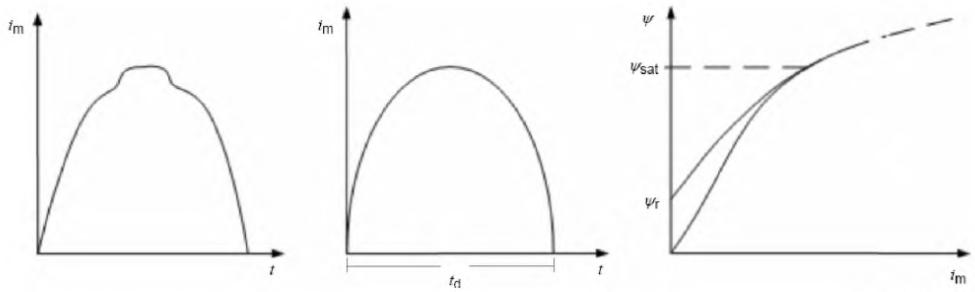
$$T_s = \frac{\sqrt{2} \times 0,9 \times E_{al}}{2\pi f_r \times (R_{ct} + R_b) \times i'_m}$$

ЕСКЕРТПЕ Осы анықтама T_s тұрақты ток пен айнымалы токтың жоғарыда сипатталған анықтамасына сәйкес келеді.

Тік бұрыштық коэффициентін K_R анықтаған кезде тиісті ағыспен интеграцияланған кернеу гетерезис ілмегін анықтайды. Егер қоздыру тоғы қанығу ағысына жету мүмкін болғандай болса, онда токтың нөл арқылы өту нүктесіндегі ағыстың мәні қалдық ағысты ψ_r білдіреді.

Тік бұрыштық коэффициенті K_R мынадай тәсілмен анықталған:

$$K_R = \frac{\psi_r}{\psi_{sat}}$$



ХЭК 1569/12

2B.14 сурет – Конденсаторлық разряд тәсіліне арналған типтік жазбалар

2B.3 Шекті шарттарда кемшіліктерді анықтау үшін тікелей сынау

2B.3.1 Жалпы ережелер

Лездік айырмашылық тоғын әр түрлі өлшеуге болады. Барлық жағдайда өлшеу жүйесінің кемшілігі жұмыс циклі кезінде сигналатын ток трансформаторының класына сәйкес келетін кемшілік шегінің 10 %-нан аспау керек.

2B.3.2 Тікелей сынау

Тік бұрыштық коэффициенті жоғары болғандықтан, TRX класты ток трансформаторын тікелей сынау алдында магнитсіздендіру керек. Егер тік бұрыштық коэффициенті K_R өте аз болмаса, TPY класты ток трансформаторын магнитсіздендіру қажет.

Қайталама орамның нақтылы жиілігі және нақтылы жүктемесі кезінде екі тікелей сынауды жүргізу қажет:

а) бастапқы орамның қыска тұйықталуының нақтылы тоғы нақтылы жиілік кезінде еш жылжытусыз жалғанады. Лездік кемшіліктің айнымалы кемшілігі өлшенеді; ол теориялық мәніне $1/\omega T_s$ сай болу керек;

б) ток трансформаторы белгіленген жұмыс циклінің дәлдік талаптарына сәйкес келетіндігін тексеру үшін мынадай сынауды жүргізу қажет:

Бастапқы орам қыска тұйықталған кездеңі нақтылы ток нақтылы жиілік кезінде қажетті жылжу арқылы жалғанады. Бастапқы орам уақытының белгіленген тұрақты мәні 80 мс болғанда сынау дәлдіктің белгіленген шекті шарттары (белгіленген жұмыс циклі) кезінде орындалады. Бастапқы орам уақытының тұрақты мәні белгіленген мәнінен 10 %-ға ауытқымау керек.

Бастапқы орам уақытының тұрақты мәні үшін 80 мс-ден артық болса, дайындаушы мен сатып алушының келісім бойынша, сынаулар дәлдік (жұмыс циклі және/немесе жүктеменің алынған түрленімі) бойынша баламалы шекті жағдайларда орындалуы мүмкін.

Куат беру кезеңінде бастапқы орам тоғының алғашқы шыны белгіленген шарттарға сәйкес келетін мәнінен кем болмау керек.

Зертханалық тәжірибеде жұмыс циклінің нақты айрықшасын туыннату қыын болуы мүмкін. Бұл жағдайда қолданылған жұмыс циклінің есептелген мәні K_{ld} белгіленген жұмыс циклінің есептелген мәнінен K_{ld} кем болмау керек. Осы талапты орындау үшін куат берілісінің және/немесе қайталама жүктеме кезеңінің (кеゼңдерінің) ұзактығын реттеуге болады.

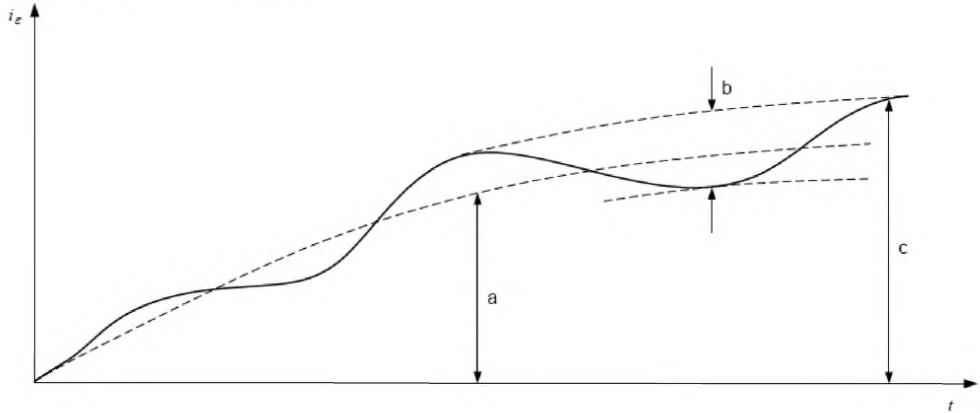
ЕСКЕРТПЕ Есептеу K_{ld} ең нашар шарттарға арналған формулаларға негізделгендейтін (2B.1.2 көрсетілген 6-формула талап етілтін мәніне 30%-ға жоғары мәнін K_{ld} бере алатындықтан), ток трансформаторы есептелген мәніне K_{ld} сәйкес келетін ағысқа жетпей, жұмыс циклінің талаптарына сай бола алады.

TRX және TPY класының ток трансформаторлары үшін i_e лездік айырмашылық тоғы $i_e = i_s \times k_r - i$ ретінде өлшенеді. \hat{e} мәнін 3.4.222 сәйкес анықтау қажет, мәні 206-кестеде келтірілген шектен аспау керек.

TPZ класының ток трансформаторы үшін айырмашылық тоқтың айнымалы құрамдасы екі еселенген амплитудаңың жартысы ретінде өлшенеді (2B.15 суретті қараныз). \hat{e}_{ac} кемшілік мәнін 3.4.223 сәйкес өлшеу қажет. Бұл мәні 206-кестеде келтірілген шектен аспау керек.

КР СТ IEC 61869-2-2013

ЕСКЕРТПЕ Класты анықтау жұмыс циклінен тұрмаяу мүмкін. Бұл жағдайда сынаудың мақсаттар үшін осы мәніне K_{td} әкеп соғатын жұмыс циклі дайындаушы мен сатып алушы арасында келісілу керек.



мұндағы,

$$a = \hat{i}_{alc}$$

$$b = 2\hat{i}_{eac}$$

$$c = \hat{i}_{eac} + \hat{i}_{alc}$$

TPY үшін: $\hat{i}_e = c$

$$TPZ: \hat{i}_e = \hat{i}_{eac} = \frac{b}{2}$$

2B.15 сурет – Айырмашылық токтарды өлшеу

Егер ток трансформаторының шынайы мәнін K_{td} анықтау қажет болса, онда қуат берілсінің және/немесе қайталама жүктеменің кезеңінің ұзақтығын елшенген лездік айырмашылық тоғы қарастырылатын дәлдік мәні үшін шекті мәніне жететіндей етіп анықтау қажет (206-кесте). TPZ класы үшін, айырмашылық токтың айнымалы құрамдастының шекті мәніне жеткен сәтті анықтау үшін сзықтық интерполяция пайдаланылады.

Қайталама орамның ψ_{dir} байланысқан тоғы келесі тәсілмен анықталады:

$$\Psi(t) = \frac{R_{ct} + R_b}{R_b} \times \int_0^t R_b \times i_s(t) dt$$

мұндағы, $t - \hat{\varepsilon}$ немесе $\hat{\varepsilon}_{ac}$ кемшілік шегіне жету уақытындағы сәт.

Ток трансформаторының толық өлшемдік коэффициенті K_{td} – белгіленген шарттарда ψ_{dir} -н айнымалы құрамдастың ψ амплитудалық мәніне қатынасы. Осы айнымалы құрамдасты қайталама орамның байланысқан ағысын өлшеуден алуға болады; ол қысқа тұбықталудың $K_{ssc} \times I_{sr}$ накты

(теориялық) мәнімен байланысу керек. Өлшеуді жоғарыда келтірілген формуланы пайдалана отырып, жүргізу қажет.

Ағыс өлшемінің кемшілігі 5 %-дан аспау керек.

2B.3.3 Құрылым коэффициентін анықтау

Егер шашыраудың реактивтік кедергісі төмен құрылымға қойылатын талаптарға сәйкестік сызбаларға сілтеме жасау арқылы дайындаушы мен сатып алушының өзара қанағаттылығына келтіре алмаса, онда құрылым коэффициентіне F_c келесі тәсілмен анықтау қажет.

Қайталама орамның байланысқан ағыстарының мәндерін тікелей және жанама сынаулар кезінде анықтау қажет, екі жағдайда магниттеу тоғы дәлдік бойынша шекті жағдайда болу керек. Егер айнымалы сипаттамалардың класы баламалы анықтамамен белгіленсе, онда тиісті жұмыс циклі мен жүктеме $K_{ssc} \times K_{td}$ белгіленген мәніне жететіндегі етіп таңдау қажет.

2B.3.2 сәйкес тікелей сынау кезінде алынатын қайталама орамның ψ_{dir} байланысқан ағысын анықтау қажет.

Жанама сынау кезінде қайталама орамның $\hat{\psi}_{ind}$ байланысқан ағысын келесі тәсілдердің біреуімен анықтау қажет:

Айнымалы ток тәсілі:

2B.2.2.1 сәйкес жабдықтардың сынау кешенін пайдалану қажет.

Кернеуді 2B.2.2.2 белгіленген қоздыру тоғының \tilde{I}_{al} тиісті шегіне жеткенге дейін ұлғайту қажет.

Дәл осы сәтте алынған кернеуді U белгілеу керек. Қайталама орамның $\hat{\psi}_{ind}$ байланысқан тоғы мына формуламен белгіленген:

$$\hat{\psi}_{ind} = \frac{\sqrt{2} \times U}{2\pi f}$$

мұндағы, f – қосымша берілген жиілік.

Тұракты ток немесе конденсаторлық разряд тәсілі:

2B.2.3.1 (тұракты ток тәсілі) немесе 2B.2.4 (конденсаторлық разряд тәсілі) сәйкес сынау контурын пайдалану қажет.

$\hat{\psi}_{ind}$ тоғы – қайталама орамның байланысқан тоғы, ол 2B.2.3.4 белгіленген i_m магниттеу тоғының шегіне сәйкес келеді.

Бұл жағдайда F_c мәнін келесі тәсілмен анықталады:

$$F_c = \frac{\psi_{ind}}{\hat{\psi}_{dir}}$$

Сынаулар кезінде ағысты өлшеу кезіндегі кемшілік 5 %-дан аспау керек.

Егер F_c коэффициенті 1,1 артығырақ болса, онда оны өзекшениң өлшемдерін анықтаған кезде ескерген жөн.

ЕСКЕРТПЕ Трансформаторлардың тиісті типтерінде тікелей сынауларды орындау үшін талап етілетін бастапқы орам тоғының мәні әдетте дайындаушылар ұсынатын кабилеттердің шегінен шығуы мүмкін. Бастапқы орам тоғының анағұрлым төмен деңгейлеріндегі сынаулар дайындаушы мен сатып алушы арасында келіслу керек.

2С косымшасы
(*міндетті*)

Шашыраудың төмен реактивтік кедергісі бар типті трансформаторлардың сәйкестігін растау

Мыналарды көрсету қажет:

- ток трансформаторының біркелкі орналасқан ауа саңылауы бар іс жүзінде үздіксіз сақиналы өзекшесі бар, егер болса;
- ток трансформаторының біркелкі орналасқан қайталама орамы бар;
- ток трансформаторының айналуга қатысты симметриялық бастапқы орам сымы бар;
- аралас фаза сымдарының әсері трансформаторлық дүнгіршектен тыс орналасқан және қоршілес фазалар аса өте әсер етеді.

Егер шашыраудың реактивтік кедергісі төмен құрылымның талаптарына сәйкестік сызбаларға сілтеме жасау арқылы дайындаушы мен сатып алушыны қанағаттандыра алмаса, онда тікелей сынау мен жанама сынаудың нәтижелерін мынадай тәсіл арқылы салыстыру қажет:

TPX, TPY және TPZ класти ток трансформаторлары үшін F_c құрылым коэффициентін 2B.3.3 сәйкес анықтау қажет. Егер F_c 1,1-ден төмен болса, онда ток трансформаторы төмен реактивтік шашырау кедергісі бар ток трансформаторы ретінде қарастыру қажет.

Басқа барлық қорғаныс кластары үшін тікелей сынау тәсілі және жанама сынау тәсілі арқылы алынған толық орамның толық кемшіліктерін салыстыру қажет.

Тікелей сынау үшін 2A.5 және 2A.6 келтірілген тәсілдердің кез келгенін қолдануға болады. Бастапқы орамның сынау тоғы мынадай болу керек:

P класы мен PR класы үшін $ALF \times I_{pr}$;
PX класы мен PXR класы үшін $K_x \times I_{pr}$.

Жанама сынау үшін 7.2.6.203 (b) келтірілген тәсілді қолдану қажет. Қайталама орамның клеммаларына жалғанған көрнеки мынадай тең болады:

P класы мен PR класы үшін E_{ALF} ;
PX класы мен PXR класы үшін E_k .

Егер тікелей тәсіл арқылы алынған толық кемшіліктің мәні 1,1-ден кем болса, жанама тәсілмен шығарылған толық кемшіліктің мәнін көбейту арқылы шашыраудың реактивтік кедергісі төмен құрымның сәйкестігі орнатылатын болады.

ЕСКЕРТПЕ Анықтамаға (3.4.235) сәйкес «шашыраудың реактивтік кедергісі төмен ток трансформаторы» деген термин әмбебап емес, ол қорғаныс сипаттамаларымен, мысалы, қорғаныс класымен байланысқан.

2D қосымшасы
(mіндетті)

**Тәжірибелік баға бойынша жылудың тұракты мәнін анықтау
 мақсатымен майлы трансформаторлардың ысуын сынау үшін
 пайдаланылатын әдістеме**

Белгілер тізімі:

θ - °C-мен белгіленетін температура;

$\theta(t)$ – майдың уақыт өтө келе езгеретін температурасы (жоғарыдағы майдың температурасы немесе майдың орташа температурасы болуы мүмкін);

θ_a – сыртқы салқындану ортасының температурасы (атмосфералық аяу немесе су), тұракты деп болжанады;

$\Delta\theta$ – май температураның θ_a -нан артуы;

θ_u , $\Delta\theta_u$ - белгіленген күйдегі шекті мәндер;

$\varepsilon(t)$ - θ_u белгіленген мәнінің қалған ауытқуы;

T_0 – сыйымдықтағы май температурасы ауытқуының экспоненциалды құбылуына арналған уақыттың тұракты мәні;

h – көрсеткіштерді алу арасындағы уақыт аралығы;

θ_1 , θ_2 , θ_3 – температураның үш бірізді көрсеткіші және олардың арасындағы уақыт h аралығы.

Сынауды температураның (майдын) белгіленген үлгіаюы қуәланырылғанға дейін жалғастырган жөн:

$$\theta_u = \theta_a + \Delta\theta_u \quad (2D.1)$$

$$\theta_t = \theta_a + \Delta\theta_u (1 - e^{-t/T_0}) \quad (2D.2)$$

Осы жағдайдағы тұракты күйден ауытқудың қалғаны:

$$\varepsilon(t) = \theta_u - \theta(t) = \Delta\theta_u \times e^{-t/T_0} \quad (2D.3)$$

Былайша есептеледі:

- қоршаган ортаның температурасы ықтимал болғанға дейін сақталады;

- майдың температурасы $\theta(t)$ уақыттың тұракты мәні T_0 бар экспоненциалдық атқарымның бойымен шекті мәніне θ_u жетеді;

- Формула (2D.2) температуралық кисыкка айтарлыктай жақындайды (2D.1).

КР СТ IEC 61869-2-2013

Үш кезекті көрсеткіштерді $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ және $\Delta\theta_3$ есекере отырып, Формуланың (2D.2) экспоненциалды катынасы температуралық кисыкка айтарлықтай жақындейдай: бұл жағдайда көрсеткіштер арасында мынадай катынас болады:

$$\frac{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}{\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2} = e^{hT_o} \quad (2D.4)$$

$$T_o = \frac{h}{\ln \frac{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}{\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2}}$$

Көрсеткіштер сондай-ақ кесімді температураның ұлғайғандығын болжап көрсете алады:

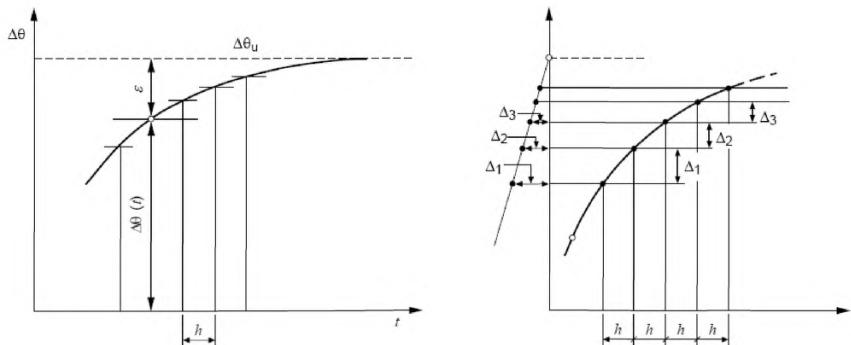
$$\Delta\theta_u = \frac{(\Delta\theta_2)^2 - \Delta\theta_1\Delta\theta_3}{2\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1 - \Delta\theta_3} \quad (2D.5)$$

Бірізді бағалауды жүргізу қажет және олар бір-біріне ұқсас болу керек. Үлкен кездейсок сандық категерге жол бермеу үшін h уақыт аралығының T_0 -ға тен болғаны, ал $\Delta\theta_3/\Delta\theta_u$ катынасы 0,95-тен кем болмағаны жөн.

Температураның тұрақты артуының анағұрлым дәл мәні барлық өлшемнен нүктелердің экстраполяциясы кезінде ең аз квадраттардың тәсілімен алынады және шамамен 60 % $\Delta\theta_u$ болады ($\Delta\theta_u$ үш нүктे тәсілімен анықталады).

Басқа сандық тұжырымдама:

$$\Delta\theta_u = \Delta\theta_2 + \frac{\sqrt{(\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1)(\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2)}}{\ln \frac{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}{\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2}} \quad (2D.6)$$



ХЭК 1571/12

2D.1 сурет – Шекті температура ұлғайғанға дейінгі графикалық экстраполяция

2Е қосымшасы (ақпараттық)

Трансформация коэффициентінің (ε) кемшілігін баламалы өлшеу

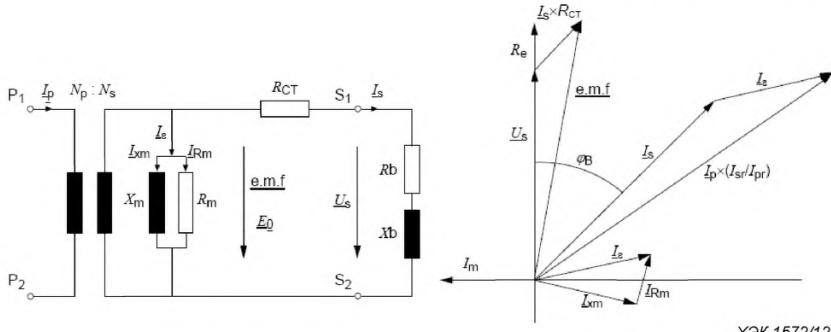
Төмен реактивтік шашырау кедергісі бар трансформаторлары үшін келесі жанама сынау тікелей сынау арқылы алынған нәтижелерге жақын нәтижелерге жеткізеді.

Алайда, трансформация коэффициентінің кедергісін кәдімгі сынау тікелей сынау ретінде орындалады, себебі аталмыш тәсіл өзекшениң «төмен реактивтік шашырау қасиетін», соның ішінде темір өзекшениң магниттік біртектігін анағұрлым жаксы күзеландырады. Екінші жағынан, баламалы тәсіл пайдаланылатын жерде өлшеу үшін, сондай-ақ тұрақты бақылау мақсаттары үшін сай келеді.

Бұл жағдайда, электр тоғының ток трансформаторымен көршілес ағысын осы тәсіл ешқашан қарастырмайды.

Трансформация коэффициентінің кедергісін анықтау үшін 2Е.1 суретте көрсетілген тізбектің женілдетілген баламалы диаграммасын пайдаланылады:

$$I_p \times N_p / N_s = I_s + I_e$$



ХЭК 1572/12

2Е.1 сурет – Ток трансформаторының женілдетілген баламалы контуры

Синусоидалдық кернеу ток трансформаторының $S_1 - S_2$ кайталама орамының клеммаларына жалғанады. Сынау кернеуі $U_{S\ Test}$ клеммаларында және $I_{S\ Test}$ тоғында өлшенеді. Жалғанған кернеу басты индукциялықтың үштариңдағы ЭҚК белгілі токпен және шынайы жүктемемен жұмыс жасау кезіндегі амплитудамен генерациялау керек. $S_1 - S_2$ клеммаларындағы $U_{S\ Test}$ сынау кернеуінен орамның R_{ct} кедергі ететін үштариңда кернеудің азаюын есептей арқылы сынаудың нәтижелерінен ЭҚК есептеп шыгаруға болады. Осы есептеуді кешенді біртектілікпен орындау қажет.

КР СТ IEC 61869-2-2013

Трансформация коэффициентінің кемшілігін мынадай тәсілмен есептеп шығаруға болады:

$$\varepsilon = \frac{\underline{I}_s - \underline{I}_p \frac{I_{sr}}{I_{pr}}}{\underline{I}_p \frac{I_{sr}}{I_{pr}}} = \frac{\underline{I}_s I_{pr}}{\underline{I}_p I_{sr}} - 1 \quad (2E.1)$$

Мұндағы:

$$\frac{\underline{I}_p N_p}{N_s} = \underline{I}_e + \underline{I}_s \rightarrow \underline{I}_p = \frac{(\underline{I}_e + \underline{I}_s) N_s}{N_p} \quad (2E.2)$$

Трансформация коэффициентінің кемшілігін мынадай тәсілмен есептеп шығаруға болады:

$$\varepsilon = \frac{\underline{I}_s \times N_p \times I_{pr}}{(\underline{I}_e + \underline{I}_s) \times N_s \times I_{sr}} - 1 \quad (2E.3)$$

Қайталама орамның I_s кейбір тогы үшін трансформация коэффициентін анықтау үшін келесі сынау рәсімі ұсынылады:

- $S_1 - S_2$ клеммаларында қайталама көрнеуді есептеп шыгару:

$$\underline{U}_s = \underline{L}_s \times (\underline{R}_b + j\underline{X}_b)$$

- R қайталама орамның кедергісін өлшеу (шынайы температура кезіндегі мәні)

- тиісті ЭКК есептеп шыгару

$$\underline{E}_o = \underline{L}_s R + \underline{U}_s$$

- $S_1 - S_2$ қайталама орамның клеммаларына көрнеуді жалғау:

$$\underline{U}_{sTest} = \underline{E}_o + \underline{L}_{sTest} R \quad (\text{мұнда } I_{sTest} = I_s)$$

- $P_1 - P_2$ клеммаларындағы көрнеуді \underline{U}_{pTest} өлшеу

- трансформация коэффициентін байладардың аракатынасы бойынша есептеп шыгару

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{\underline{U}_{pTest}}{|\underline{E}_o|}$$

- I_p тиісті мәнін есептеп шыгару

$$\underline{I}_p = \frac{(\underline{L}_s + \underline{L}_{sTest})N_s}{N_p}$$

Трансформация коэффициентінің кемшілігін келесі тәсілмен есептеу:

$$\varepsilon = \frac{\underline{I}_s N_p I_{pr}}{(\underline{L}_{sTest} + \underline{L}_s) \times I_{sr}} - 1$$

2F косымшасы
(міндетті)

Байламдардың саны бойынша трансформация коэффициентінің кемшілігін анықтау

Нақтылы трансформация коэффициентіне үш көрсеткіштен тұратын кемшіліктер есеп етеді:

- трансформация коэффициентінің инверсиясы мен трансформацияның нақтылы коэффициенті арасындаға айырмашылық;
- өзекшені қоздыру тоғы (I_e);
- орамдармен жалғанған паразиттік сыйымдықтарда агатын ағыстар.

Көптеген жағдайларда, қайталама орамның (E_s) осы индукцияланған ЭҚҚ үшін паразиттік сыйымдықтардан және өзекшениң магниттелуінен туындайтын әр түрлі ағыстар басталық орамның қоздыру тоғының мәніне қарамастан, тұрқты шаманы колдайды деген болжам бар. Теория жүзінде, қайталама орамның импедансын тиісті түрде реттеуге болатын жағдайда қоздыру тоғының кейбір өрісінде E_s тұрақты мәніне колдауға болады. Төмен реактивтік шашырау кедергісі болатындағы құрастырылған ток трансформаторлары үшін қайталама орамның реактивтік кедергісін байкамауға болады және қайталама орамның кедергісін ғана ескеру қажет болады. Ағыстардың кез келген екі I'_s және I''_s токтары үшін сынау талабын анықтайтын негізгі есеп келесі формула арқылы шығарылады:

$$I'_s = (R + R'_b) = E_s = I''_s (R + R''_b)$$

мұндағы, R – қайталама орамның нақтылы кедергісі.

Трансформация коэффициентінің өлшенген кемшілігі – ε'_c және ε''_c деп болжай отырып, трансформация коэффициентінің кемшілігі байламдарының саны бойынша ε_t болып белгіленеді, ал магниттендірудің қисындастырылған токтары мен адасқан токтары I_x шамасымен беріледі. Тиісті айырмашылық токтары мынадай формуламен берілетін болады:

$$(\varepsilon'_c - \varepsilon_t) \times k_r I'_s = I_x = (\varepsilon''_c - \varepsilon_t) \times k_r I''_s$$

осы жерде шығатын мән:

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon'_c \times I_s - \varepsilon''_c \times I''_s}{I_s - I''_s}$$

Егер $I'_s = 2I''_s$, онда байламдардың саны бойынша трансформация коэффициентінің кедергісі $2\varepsilon'_c - \varepsilon''_c$ мәнімен анықталады.

Қайталама орамға жалғанған минималды жүктемесі бар нақтылы ток кезіндегі сынау, содан кейін нақтылы токтың жартысы болған кезде және қайталама ілмектік кедергісі тиісті тұрді ұлғайтылған кезде сынау әдетте он нәтиже береді.

ӘОЖ 629.4.016.15

МСЖ 17.220.20

Түйін сөздер: өлшегіш трансформаторлар, кемшілік шектері, нақтылы ток, импульстік кернеу, корғаныс трансформаторлары, баламалы өлшеу, жұмыс циклдері, қысқа түйікталу тоғы, фазалардың ығысуы, қысқа мерзімді ток



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Трансформаторы измерительные

Часть 2

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТОКОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**

СТ РК IEC 61869-2-2013

*IEC 61869-2-2012 «Instrument transformers.
Part 2: Additional requirements for current transformers» (IDT)*

Издание официальное

**Комитет технического регулирования и метрологии
Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан
(Госстандарт)**

Астана

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт метрологии», Техническим комитетом по стандартизации № 69 «Инновационные технологии инфраструктуры» на базе ТОО «Техностандарт-НС»

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от 25 октября 2013 года № 502-од

3 Настоящий стандарт идентичен IEC 61869-2-2012 «Instrument transformers. Part 2: Additional requirements for current transformers» (Трансформаторы измерительные. Часть 2. Дополнительные требования для трансформаторов тока)

Международный стандарт подготовлен Техническим комитетом 38 «Измерительные трансформаторы»

Официальный экземпляр международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий национальный стандарт и на которые даны ссылки, имеется в Едином государственном фонде нормативных технических документов

Перевод с английского языка (en)

Степень соответствия – идентичная, IDT

**4 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ
ПЕРИОДICНОСТЬ ПРОВЕРКИ**

2018 год
5 лет

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Нормативные документы по стандартизации», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты»

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Термины и определения	1
4	Номинальные значения	15
5	Проектирование и сооружение	25
6	Испытания	29
7	Приложение 2A (<i>обязательное</i>)	44
8	Приложение 2B (<i>обязательное</i>)	51
9	Приложение 2C (<i>обязательное</i>)	71
10	Приложение 2D (<i>информационное</i>)	73
11	Приложение 2E (<i>информационное</i>)	76
12	Приложение 2F (<i>обязательное</i>)	79

Введение

Международный стандарт МЭК 61869-2, Первое издание, подготовлен комитетом 38: Измерительные трансформаторы

IEC 61869-2-2012 составлен в соответствии с Директивами ИСО/МЭК, Часть 2.

Список всех частей в серии МЭК 61869, изданных под общим названием «Измерительные трансформаторы», можно найти на веб-сайте МЭК.

Настоящий стандарт, Часть 2, должен использоваться в вместе с МЭК 61869-1:2007 «Общие Требования», на которой он основан, однако приветствуется использование пользователем нового выпуска указанного документа.

Настоящий стандарт, Часть 2, придерживается структуры МЭК 61869-1:2007; он дополняет или изменяет соответствующие пункты последнего.

Если конкретный пункт/подпункт Части 1 не упомянут в настоящей Части 2, то тот пункт/подпункт применяется настолько, насколько это целесообразно.

Для дополнительных пунктов, подпунктов, рисунков, таблиц, приложений или примечаний используется следующая система нумерации:

- пункты, подпункты, таблицы, рисунки и примечания, которые пронумерованы, начиная с 201, являются дополнительными по отношению к пунктам, таблицам и рисункам части 1;

- дополнительные приложения пронумерованы так: 2A, 2B, и т.д.

Обновлённый список стандартов, выпущенных Техническим комитетом МЭК ТК 38, доступен на веб-сайте: www.iec.ch.

Трансформаторы измерительные

Часть 2

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТОКОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Дата введения 2014-07-01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на вновь изготовленные индуктивные трансформаторы тока для использования с электрическими средствами измерений и/или электрическими защитными устройствами, имеющими номинальные частоты от 15 Гц до 100 Гц.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные нормативные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

IEC 61869-1:2007 Instrument transformers. Part 1: General requirements (Трансформаторы измерительные. Часть 1. Общие требования).

ПРИМЕЧАНИЕ При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по ежегодно издаваемому информационному указателю «Указатель нормативных документов по стандартизации» по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяются термины по IEC 61869-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

3.1 Общие определения

3.1.201 **Трансформатор тока** (Current transformer): Измерительный трансформатор, в котором ток вторичной обмотки при нормальных условиях использования практически пропорционален току первичной обмотки и отличается от него по фазе на угол, который приблизительно равен нулю для соответствующего направления соединений.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-01)

3.1.202 **Измерительный трансформатор тока** (Measuring current transformer): Трансформатор тока, предназначенный для передачи информационного сигнала в средства измерений и счётчики.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-18)

3.1.203 **Защитный трансформатор тока** (Protective current transformer): Трансформатор тока, предназначенный для передачи информационного сигнала к защитным и управляющим устройствам.

(Источник: IEC 60050-321: 1986, 321-02-19)

3.1.204 **Защитный трансформатор тока класса P** (Class P protective current transformer): Защитный трансформатор тока без предела на остаточный магнитный поток, для которого определена динамика насыщения в случае симметрического короткого замыкания.

3.1.205 **Защитный трансформатор тока класса PR** (Class PR protective current transformer): Защитный трансформатор тока с пределом на остаточный магнитный поток, для которого определена динамика насыщения в случае симметрического короткого замыкания.

3.1.206 **Защитный трансформатор тока класса PX** (Class PX protective current transformer): Защитный трансформатор тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния без предела на остаточный магнитный поток, для которого знание характеристики возбуждения и сопротивления вторичной обмотки, сопротивления вторичной нагрузки и коэффициента трансформации достаточно для оценки его функционирования по отношению к системе релейной защиты, с которой его предстоит использовать.

3.1.207 **Защитный трансформатор тока класса PXR** (Class PXR protective current transformer): Защитный трансформатор тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния, для которого знание характеристики возбуждения и сопротивления вторичной обмотки, сопротивления вторичной нагрузки и коэффициента трансформации достаточно для оценки его функционирования по отношению к системе релейной защиты, с которой его предстоит использовать.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 При возникновении ситуации, когда слабые постоянные токи непрерывно текут через трансформаторы тока, для того, чтобы предотвратить насыщение трансформатора тока, используются трансформаторы тока с воздушными зазорами, но с теми же самыми характеристиками, что и для Класса PX.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Воздушные зазоры для снижения остаточного магнетизма не обязательно приводят к трансформатору с высоким реактивным сопротивлением рассеяния (см. Приложение 2С).

3.1.208 Защитный трансформатор тока для переходных характеристик класса TPX (Class TPX protective current transformer for transient performance): Защитный трансформатор тока без предела на остаточный магнитный поток, для которого динамика насыщения в случае переходного тока короткого замыкания определяется амплитудным значением мгновенной погрешности.

3.1.209 Защитный трансформатор тока для переходных характеристик класса TPY (Class TPY protective current transformer for transient performance): Защитный трансформатор тока с пределом на остаточный магнитный поток, для которого динамика насыщения в случае переходного тока короткого замыкания определяется амплитудным значением мгновенной погрешности.

3.1.210 Защитный трансформатор тока для переходных характеристик класса TPZ (Class TPZ protective current transformer for transient performance): Защитный трансформатор тока с заданной вторичной постоянной времени, для которого динамика насыщения в случае переходного тока короткого замыкания определяется амплитудным значением переменной составляющей погрешности.

3.1.211 Трансформатор тока с выбираемым коэффициентом (Selectable-ratio current transformer): Трансформатор тока, на котором несколько коэффициентов трансформации получаются путём переключения секций первичной обмотки и/или посредством ответвлений на вторичной обмотке.

3.3 Определения, связанные с номинальным током

3.3.201 Номинальный ток первичной обмотки (Rated primary current)

I_{pr} : Значение тока первичной обмотки, на котором основаны рабочие характеристики трансформатора.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-01-11, модифицированное название, синоним и определение)

3.3.202 Номинальный ток вторичной обмотки (Rated secondary current) I_{sr} : Значение тока вторичной обмотки, на котором основаны рабочие характеристики трансформатора.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-01-15, модифицированное название, синоним и определение)

3.3.203 Номинальный ток термической стойкости (Rated short-time thermal current) I_{st} : Максимальное значение тока первичной обмотки, который трансформатор выдержит в течение заданного короткого промежутка времени, не пострадав от вредных эффектов, при замкнутой накоротко вторичной обмотке.

СТ РК IEC 61869-2-2013

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-22)

3.3.204 Номинальный рабочий ток (Rated dynamic current) I_{dyn} :

Максимальное амплитудное значение тока первичной обмотки, который трансформатор выдержит, не получив электрические или механические повреждения результирующими электромагнитными силами, при замкнутой накоротко вторичной обмотке.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-24)

3.3.205 Непрерывный тепловой ток (Continuous thermal current) I_{eth} :

Значение тока, которому можно разрешить непрерывно течь в первичной обмотке, вторичной обмотке, соединённой с номинальной нагрузкой, без повышения температуры, превышающей заданные значения.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-25)

3.3.206 Номинальный ток короткого замыкания первичной обмотки (Rated primary short-circuit current) I_{psc} :

Среднеквадратическое значение переменной компоненты переходного тока короткого замыкания первичной обмотки, на котором основаны характеристики точности трансформатора тока.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В то время как I_{th} связан с тепловым пределом, I_{psc} связан с пределом точности. Обычно, I_{psc} меньше, чем I_{th} .

3.3.207 Захватывающий ток (Exciting current) I_e :

Среднеквадратическое значение тока, снятого вторичной обмоткой трансформатора тока, когда синусоидальное напряжение номинальной частоты приложено к клеммам вторичной обмотки, при этом первичная и вторичная обмотки замкнуты накоротко.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-32)

3.4 Определения, связанные с точностью

3.4.3 Погрешность коэффициента трансформации (Ratio error) ε :

Определение 3.4.3 IEC 61869-1 применимо согласно примечания:

ПРИМЕЧАНИЕ: Погрешность коэффициента передачи по току, выраженная в процентах, выражается формулой:

$$\varepsilon = \frac{k_r I_s - I_p}{I_p} \times 100 \%$$

где, k_r - номинальный коэффициент трансформации;

I_p - фактический ток первичной обмотки;

I_s - фактический ток вторичной обмотки, когда течет I_p , в условиях измерения.

Объяснительная векторная диаграмма дана в 2А.1.

3.4.4 Смещение фазы (Phase displacement) $\Delta\varphi$: Определение 3.4.4 IEC 61869-1 применимо согласно примечания:

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Объяснительная векторная диаграмма дана в 2A.1.

3.4.201 Номинальная резистивная нагрузка (Rated resistive burden) R_b : Номинальное значение резистивной нагрузки, присоединённой к вторичной обмотке, в Омах.

3.4.202 Сопротивление вторичной обмотки (Secondary winding resistance) R_{ct} : Фактическое сопротивление вторичной обмотки постоянному току в Омах, скорректированное на 75 °C или на другую температуру, как определено.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к словарной статье: R_{ct} – фактическое значение. Не следует путать его с верхним пределом для R_{ct} , которое может быть задано иным образом.

3.4.203 Полная погрешность (Composite error) ε_c : При установившихся условиях, среднеквадратическое значение разницы между

а) мгновенными значениями тока первичной обмотки;

б) мгновенными значениями фактического тока вторичной обмотки, умноженными на номинальный коэффициент трансформации, положительные знаки токов первичной и вторичной обмотки соответствуют соглашению по маркировке клемм.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Полная погрешность ε_c в общем случае выражается как процент среднеквадратических значений тока первичной обмотки:

$$\varepsilon_c = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (k_r i_s - i_p)^2 dt}}{i_p} \times 100\%$$

где, k_r – номинальный коэффициент трансформации;

i_p – среднеквадратическое значение тока первичной обмотки;

i_p – мгновенное значение тока первичной обмотки;

i_p – мгновенное значение тока вторичной обмотки;

T – продолжительность одного цикла.

За дополнительными объяснениями обратитесь к 2A.4.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-26, изменённое примечание к словарной статье)

3.4.204 Номинальный предельный ток первичной обмотки прибора (Rated instrument limit primary current) I_{PL} : Значение минимального тока первичной обмотки, при котором полная погрешность измерительного трансформатора тока равна или больше 10 %, при этом вторичная нагрузка равна номинальной нагрузке.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-27)

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

3.4.205 Коэффициент безопасности прибора (Instrument security factor) FS : Отношение номинального предельного тока первичной обмотки прибора к номинальному току первичной обмотки.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 На фактический коэффициент безопасности прибора влияет нагрузка. Если значение нагрузки значительно меньше номинального, то в случае тока короткого замыкания на вторичной стороне будут произведены большие значения тока.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В случае, когда токи короткого замыкания системы текут через первичную обмотку трансформатора тока, безопасность прибора, питаемого трансформатором, находится на своём самом высоком уровне, когда значение номинального коэффициента безопасности прибора (FS) находится на своём самом низком уровне.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-28, изменённые примечания к словарной статье)

3.4.206 Предельная ЭДС вторичной обмотки для измерительных трансформаторов тока (Secondary limiting e.m.f. for measuring current transformers) E_{FS} : Произведение коэффициента безопасности прибора FS , номинального тока вторичной обмотки и векторной суммы номинальной нагрузки и импеданса вторичной обмотки.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Предельная ЭДС вторичной обмотки для измерительных трансформаторов тока E_{FS} вычисляется следующим образом:

$$E_{FS} = FS \times I_{Sr} \times \sqrt{(R_{ct} + R_b)^2 + X_b^2}$$

где, R_b - резистивная часть номинальной нагрузки;

X_b - индуктивная часть номинальной нагрузки.

Данный метод даст более высокое значение, чем реальное. Он был выбран для того, чтобы применить тот же самый метод испытаний, как тот, который используется для защитных трансформаторов тока. См. 7.2.6.202 и 7.2.6.203.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-31, изменённое название, синоним и примечание к словарной статье)

3.4.207 Номинальный ток первичной обмотки предельной точности (Rated accuracy limit primary current): Значение тока первичной обмотки, до которого трансформатор тока будет соответствовать требованиям к полной погрешности.

(ИСТОЧНИК: IEC 60050-321:1986, 321-02-29)

3.4.208 Предельная кратность по точности (Accuracy limit factor) ALF : Отношение номинального тока первичной обмотки предельной точности к номинальному току первичной обмотки.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-30)

3.4.209 **Предельная ЭДС вторичной обмотки для защитных трансформаторов тока** (Secondary limiting e.m.f. for protective current transformers) E_{ALF} : Произведение предельной кратности по точности, номинального тока вторичной обмотки и векторной суммы номинальной нагрузки и импеданса вторичной обмотки.

ПРИМЕЧАНИЕ Предельная ЭДС вторичной обмотки для защитных трансформаторов тока класса P и PR, E_{ALF} , вычисляется следующим образом:

$$E_{ALF} = ALF \times I_{sr} \times \sqrt{(R_{ct} + R_b)^2 + X_b^2}$$

где, R_b - резистивная часть номинальной нагрузки;

X_b - индуктивная часть номинальной нагрузки.

3.4.210 **Поток насыщения** (Saturation flux) Ψ_{sat} : Максимальное значение связанного потока вторичной обмотки в трансформаторе тока, которое соответствует магнитному насыщению материала сердечника.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Самая подходящая процедура по определению потока насыщения Ψ_{sat} дана в рамках метода насыщения с постоянным током, описанного в 2В.2.3.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В прежнем стандарте IEC 60044-6, Ψ_s был определён как значение точки загиба, которая характеризовала переход от ненасыщенного к полностью насыщенному состоянию сердечника. Данное определение не принято, так как степень насыщения была слишком низкая, что приводило к недоразумениям и противоречиям, в связи с чем заменён на Ψ_{sat} , который определяет условие полного насыщения.

3.4.211 **Остаточный поток** (Remanent flux) Ψ_r : Значение связанного потока вторичной обмотки, который остался бы в сердечнике через 3 минуты после прерывания тока намагничивания величины, достаточной для того, чтобы вызывать поток насыщения (Ψ_{sat}).

3.4.212 **Коэффициент прямоугольности** (Remanence factor) K_R : Отношение остаточного магнитного потока к потоку насыщения, выраженное в процентах.

3.4.213 **Постоянная времени вторичной петли** (Secondary loop time constant) T_s : Значение постоянной времени вторичной петли трансформатора тока, полученное из суммы индуктивности намагничивания и рассеяния (L_s) и сопротивления вторичной петли (R_s)

$$T_s = L_s / R_s$$

3.4.214 **Характеристика возбуждения** (Excitation characteristic): Графическое или табличное представление соотношения между среднеквадратическим значением тока возбуждения и синусоидальным напряжением, приложенным к клеммам вторичной обмотки трансформатора тока, с разомкнутыми первичной и другими обмотками, по диапазону значений, достаточных для того, чтобы определить характеристики от низких уровней возбуждения вплоть до 1.1 умножить на точку загиба ЭДС.

СТ РК IEC 61869-2-2013

3.4.215 Напряжение точки загиба (Knee point voltage):

Среднеквадратическое значение синусоидального напряжения при номинальной частоте, приложенного к клеммам вторичной обмотки трансформатора, с разомкнутыми всеми остальными клеммами, которое, будучи увеличено на 10 %, вызывает увеличение среднеквадратического значения тока возбуждения на 50 %.

(Источник: IEC 60050-321:1986, 321-02-34)

3.4.216 ЭДС точки загиба (Knee point e.m.f.): ЭДС трансформатора тока при номинальной частоте, которая, будучи увеличена на 10 %, приводит к увеличению среднеквадратического значения тока возбуждения на 50 %.

ПРИМЕЧАНИЕ В то время как напряжение точки загиба может быть приложено к клеммам вторичной обмотки трансформатора тока, ЭДС точки загиба не является непосредственно доступной. Значения напряжения и ЭДС точки загиба считаются равными из-за незначительного влияния падения напряжения на сопротивлении вторичной обмотки.

3.4.217 Номинальная ЭДС точки загиба (Rated knee point e.m.f.) E_k : Нижний предел ЭДС точки загиба.

ПРИМЕЧАНИЕ Номинальная ЭДС точки загиба появляется в спецификациях защитных трансформаторов тока класса PX и PXR. Её можно вычислить следующим образом:

$$E_k = K_x \times (R_{ct} + R_b) \times I_{Sr}$$

3.4.218 Номинальный коэффициент трансформации по соотношению витков (Rated turns ratio): Заданное отношение числа витков основного контура к числу витков вторичного контура.

ПРИМЕР 1 1/600 (означает 1 виток основного контура к 600 виткам вторичного контура).

ПРИМЕР 2 2/1200 (означает 2 витка основного контура к 1200 виткам вторичного контура).

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Номинальный коэффициент трансформации по соотношению витков появляется в спецификациях на защитные трансформаторы тока класса PX и PXR.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Номинальный коэффициент трансформации по соотношению витков, и номинальный коэффициент трансформации определены как отношения первичных объектов к вторичным. Если их необходимо сравнить, то значение номинального коэффициента трансформации необходимо инвертировать.

3.4.219 Погрешность коэффициента трансформации (Turns ratio error): Разность между фактическим коэффициентом трансформации по соотношению витков и номинальным коэффициентом трансформации по соотношению витков, выраженная как процент номинального коэффициента трансформации по соотношению витков.

3.4.220 Размерный коэффициент (Dimensioning factor) K_x : Коэффициент для указания множителя номинального тока вторичной обмотки (I_{sr}), возникающего в условиях сбоя в системе питания, включая запасы прочности, вплоть до которых от трансформатора требуется соответствовать эксплуатационным требованиям.

ПРИМЕЧАНИЕ См. Формулу в 3.4.217.

3.4.221 Мгновенный разностный ток (Instantaneous error current):

Разность между мгновенными значениями тока вторичной обмотки умноженная на номинальный коэффициент трансформации (k_r) и ток первичной обмотки (i_p):

$$i_e = k_r \times i_S - i_p$$

ПРИМЕЧАНИЕ Когда и компоненты переменного тока (i_{sac} , i_{pac}), и компоненты постоянного тока (i_{sdc} , i_{pdc}) присутствуют, составляющие компоненты (i_{eac} , i_{edc}) отдельно определяются следующим образом:

$$i_e = i_{eac} + i_{edc} = (k_r \times i_{sac} - i_{pac}) + (k_r \times i_{sdc} - i_{pdc})$$

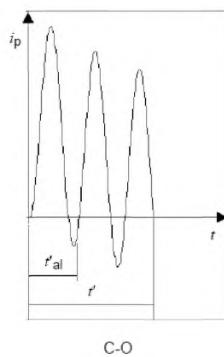
3.4.222 Амплитудное значение мгновенной погрешности (Peak instantaneous error): Амплитудное значение (\hat{i}_e) мгновенного тока ошибки (см. 3.4.221) для заданного рабочего цикла, выраженное как процент амплитудного значения номинального тока короткого замыкания первичной обмотки:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\hat{i}_e}{\sqrt{2} \times I_{psc}} \times 100 \%$$

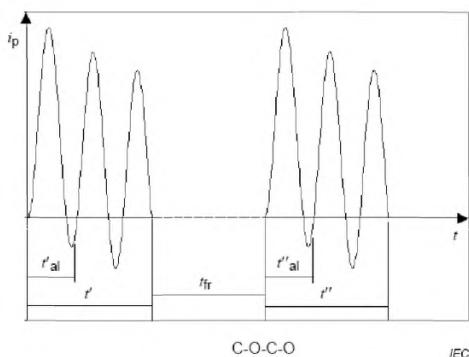
3.4.223 Амплитудное значение переменной составляющей погрешности (Peak alternating error component) $\hat{\varepsilon}_{ac}$: Амплитудное значение \hat{i}_{eac} переменной составляющей мгновенного тока ошибки, выраженное как процент амплитудного значения номинального тока короткого замыкания первичной обмотки:

$$\hat{\varepsilon}_{ac} = \frac{\hat{i}_{sac}}{\sqrt{2} \times I_{psc}} \times 100 \%$$

3.4.224 Заданный рабочий цикл (С-О и/или С-О-С-О) (Specified duty cycle (C-O and / or C-O-C-O)): Рабочий цикл, при котором во время каждой заданной подачи питания ток короткого замыкания первичной обмотки, как предполагается, имеет наиболее неблагоприятный начальный угол (см. Рисунок 201).



C-O



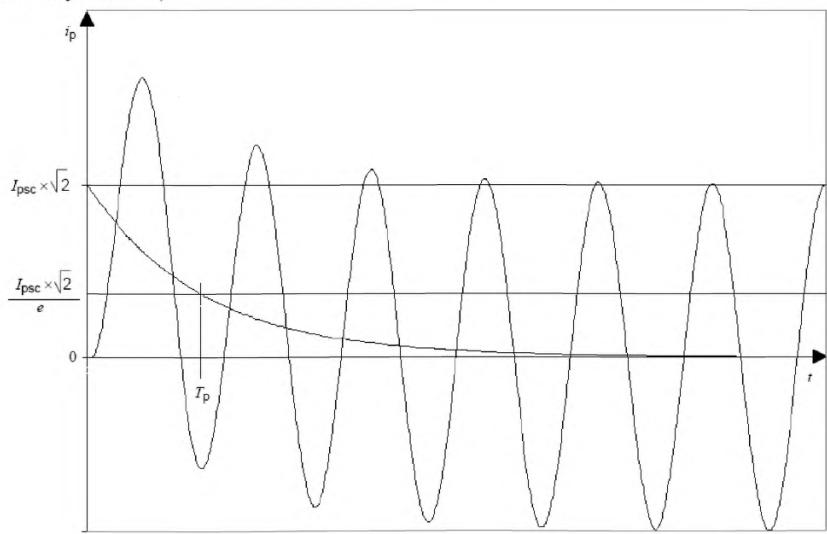
C-O-C-O

IEC 1547/12

МЭК 1547/12

1 Рисунок 201 - Рабочие циклы

3.4.225 **Заданная постоянная времени первичного контура** (Specified primary time constant) T_P : Заданное значение постоянной времени постоянной составляющей тока короткого замыкания первичной обмотки, на котором основаны переходные рабочие характеристики трансформатора тока (см. Рисунок 202).



МЭК 1548/12

2 Рисунок 202 - Постоянная времени первичного контура T_P

3.4.226 Продолжительность первого короткого замыкания (Duration of the first fault) t' : Продолжительность короткого замыкания в рабочем цикле С-О, или первого короткого замыкания в рабочем цикле С-О-С-О.

ПРИМЕЧАНИЕ См. Рисунок 201.

3.4.227 Продолжительность второго короткого замыкания (Duration of the second fault) t'' : Продолжительность второго короткого замыкания в рабочем цикле С-О-С-О.

ПРИМЕЧАНИЕ См. Рисунок 201.

3.4.228 Заданное время до предельной точности в первом коротком замыкании (Specified time to accuracy limit in the first fault) t'_{al} : Период в рабочем цикле С-О, или при первой подаче питания рабочего цикла С-О-С-О, в течение которого должна поддерживаться заданная точность.

ПРИМЕЧАНИЕ См. Рисунок 201. Данный временной интервал определяется критическим временем измерения связанных схем защиты.

3.4.229 Заданное время до предельной точности во втором коротком замыкании (Specified time to accuracy limit in the second fault) t''_{al} : Период при второй подаче питания рабочего цикла С-О-С-О, в течение которого должна поддерживаться заданная точность.

ПРИМЕЧАНИЕ См. Рисунок 201. Данный временной интервал определяется критическим временем измерения связанных схем защиты.

3.4.230 Время повторения короткого замыкания (Fault repetition time) t_f : Временной интервал между прерыванием и повторным приложением тока короткого замыкания первичной обмотки во время рабочего цикла автоматического повторного выключения автоматического выключателя в случае неуспешного устранения неисправности.

ПРИМЕЧАНИЕ См. Рисунок 201.

3.4.231 Сопротивление вторичной петли (Secondary loop resistance) R_s : Полное сопротивление вторичного контура

$$R_s = R_b + R_{ct}$$

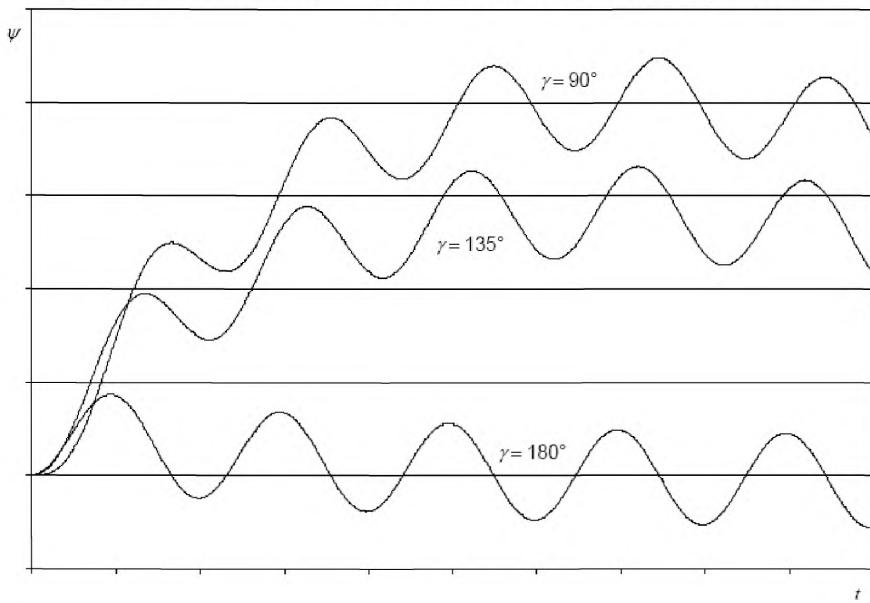
3.4.232 Номинальный симметричный коэффициент тока короткого замыкания (Rated symmetrical short-circuit current factor) K_{sc} : Отношение номинального тока короткого замыкания первичной обмотки к номинальному току первичной обмотки

$$K_{ssc} = \frac{I_{psc}}{I_{pr}}$$

3.4.233 Переходный коэффициент (Transient factor) K_{tf} : Отношение связанного потока вторичной обмотки в заданный момент времени в рабочем цикле к амплитудному значению его постоянной составляющей.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 K_{tf} вычисляется аналитически при помощи различных формул в зависимости от T_p , T_s , рабочего цикла и угла в момент возникновения короткого замыкания. Определение K_{tf} дано в Приложении 2В.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 На Рисунке 203 показаны возможные траектории вторичного связанного потока для различных углов γ в момент возникновения короткого замыкания.



МЭК 1549/12

3 Рисунок 203 - Связанный поток вторичной обмотки для различных углов γ в момент возникновения короткого замыкания

3.4.234 Переходный размерный коэффициент (Transient dimensioning factor) K_{td} : Размерный коэффициент для учёта увеличения вторичного связанного тока из-за постоянной составляющей тока короткого замыкания первичной обмотки.

ПРИМЕЧАНИЕ В то время как коэффициент K_{tf} определен как функция времени, K_{td} является дефинитивным размерным параметром, K_{td} получается из требований к трансформатору тока, заданных производителем реле (полученных по испытаниям типа стабильности реле) или из рассмотрений наихудших условий, основанных на кривых K_{tf} (см. 2В.1).

3.4.235 Трансформатор тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния (Low-leakage reactance current transformer): Трансформатор тока, для которого измерения, сделанные на клеммах вторичной обмотки (при разомкнутых клеммах первичной обмотки), достаточны для оценки его защитных характеристик до необходимого предела точности.

3.4.236 Трансформатор тока с высоким реактивным сопротивлением рассеяния (High-leakage reactance current transformer): Трансформатор тока, который не удовлетворяет требованиям определения 3.4.235, и для которого производитель сделал дополнительные припуски, чтобы учесть влияющие на эффекты, которые приводят к дополнительному току рассеяния.

3.4.237 Номинальная эквивалентная предельная ЭДС вторичного контура (Rated equivalent limiting secondary e.m.f.) E_{al} : То среднеквадратическое значение эквивалентной ЭДС вторичного контура при номинальной частоте, которое необходимо, чтобы выполнить требования заданного рабочего цикла:

$$E_{al} = K_{ssc} \times K_{td} \times (R_{ct} + R_b) \times I_{sr}$$

3.4.238 Амплитудное значение тока возбуждения вторичной обмотки при E_{al} (Peak value of the exciting secondary current at E_{al}) \hat{I}_{ai} : Амплитудное значение тока возбуждения, когда напряжение, соответствующее E_{al} , приложено к клеммам вторичной обмотки, в то время как первичная обмотка разомкнута.

3.4.239 Коэффициент конструкции (Factor of construction) F_c : Коэффициент, отражающий возможные разности в измеренных результатах при предельных условиях между методами прямых испытаний и косвенных испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ Процедура измерения согласно 2B.3.3.

Индекс сокращений

Пункт 3.7 IEC 61869-1 заменен следующей таблицей.

<i>AIS</i>	- распределительное устройство с воздушной изоляцией
<i>ALF</i>	- предельная кратность по точности
<i>CT</i>	- трансформатор тока
<i>CVT</i>	- емкостный трансформатор напряжения
E_{al}	- номинальная эквивалентная предельная ЭДС вторичного контура
E_{ALF}	- предельная ЭДС вторичной обмотки для защитных трансформаторов тока класса P и PR

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

Таблица (*продолжение*)

E_{FS}	- предельная ЭДС вторичной обмотки для измерительных трансформаторов тока
E_k	- номинальная ЭДС точки загиба
F	- механическая нагрузка
F_C	- коэффициент конструкции
f_R	- номинальная частота
F_{rel}	- относительная скорость утечки
FS	- коэффициент безопасности прибора
GIS	- распределительное устройство с газовой изоляцией
\hat{I}_{al}	- амплитудное значение тока возбуждения вторичной обмотки при E_{al}
I_{cth}	- номинальный непрерывный тепловой ток
I_{dyn}	- номинальный рабочий ток
I_e	- ток возбуждения
I_{PL}	- номинальный предельный ток первичной обмотки прибора
I_{pr}	- номинальный ток первичной обмотки
I_{psc}	- номинальный ток короткого замыкания первичной обмотки
I_{sr}	- номинальный ток вторичной обмотки
IT	- измерительный трансформатор
I_{th}	- номинальный ток термической стойкости
i_s	- мгновенный разностный ток
k	- фактический коэффициент трансформации
k_r	- номинальный коэффициент трансформации
K_R	- коэффициент прямоугольности
K_{ssc}	- номинальный симметричный коэффициент тока короткого замыкания
K_{td}	- переходный размерный коэффициент
K_{tf}	- переходный коэффициент
K_x	- размерный коэффициент
L_m	- индуктивность намагничивания
R_b	- номинальная резистивная нагрузка

Таблица (*продолжение*)

R_{ct}	- сопротивление вторичной обмотки
R_s	- сопротивление вторичной петли
S_r	- номинальная мощность
t'	- продолжительность первого короткого замыкания
t''	- продолжительность второго короткого замыкания
t'_{al}	- заданное время до предельной точности в первом коротком замыкании
t''_{al}	- заданное время до предельной точности во втором коротком замыкании
t_{fr}	- время повторения короткого замыкания
T_p	- заданная постоянная времени первичного контура
T_s	- постоянная времени вторичной петли
U_m	- самое высокое напряжение для оборудования
U_{sys}	- самое высокое напряжение для системы
VT	- трансформатор напряжения
$\Delta\varphi$	- смещение фазы
ε	- погрешность коэффициента трансформации
ε_C	- полная погрешность
$\hat{\varepsilon}$	- амплитудное значение мгновенной погрешности
$\hat{\varepsilon}_{ac}$	- амплитудное значение переменной составляющей погрешности
ψ_r	- остаточный поток
ψ_{sat}	- поток насыщения

4 Номинальные значения

4.3 Номинальные уровни изоляции

4.3.2 Номинальный уровень изоляции клемм первичной обмотки

4.3.2 В соответствии с IEC 61869-1 с учетом следующего:

Для трансформатора тока без первичной обмотки и без собственной изоляции первичной обмотки, принимается значение $U_m = 0,72$ кВ.

4.3.5 Требования к изоляции для клемм вторичной обмотки

4.3.5 В соответствии с IEC 61869-1 с учетом следующего:

Изоляция вторичной обмотки трансформаторов тока класса РХ и класс РХР, имеющая номинальную ЭДС точки загиба $E_k \geq 2$ кВ, должна быть

СТ РК IEC 61869-2-2013

способна устоять при выдерживаемом напряжении номинальной частоты сети со среднеквадратическим значением 5 кВ в течение 60 с.

4.3.201 Требования к межвитковой изоляции

Номинальные выдерживаемое напряжение для межвитковой изоляции должно быть 4,5 кВ амплитудного значения.

Для трансформаторов тока класса РХ и класс РХР, имеющих номинальную ЭДС точки загиба больше 450 В, номинальные выдерживаемое напряжение для межвитковой изоляции должно быть амплитудным напряжением 10-кратного среднеквадратического значения ЭДС заданной точки загиба или 10 кВ амплитудного значения, смотря по тому, что меньше.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Процедура испытания может сильно искажить форму волны.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Процедура испытания 7.3.204 может дать более низкие значения напряжения.

4.5 Номинальная мощность

4.5.201 Номинальные значения мощности

Стандартные значения номинальной мощности для измерительных классов, класса Р и класса PR:

2,5 - 5,0 - 10 - 15 и 30 ВА.

Для удовлетворения целей приложения можно выбрать значения выше 30 ВА.

ПРИМЕЧАНИЕ Для данного трансформатора, если одно из значений номинальной мощности является стандартным и связанным со стандартным классом точности, заявление других номинальных мощностей, которые могут быть нестандартными значениями, но связанными с другими стандартными классами точности, не исключается.

4.5.202 Номинальные значения резистивной нагрузки

Стандартные значения для номинальной резистивной нагрузки в Ом для трансформаторов тока класса ТРХ, ТРУ и ТРZ:

0,5 - 1 - 2 - 5 Ом

Предпочтительные значения подчеркнуты. Значения основаны на номинальном вторичном токе 1 А. Для трансформаторов тока, имеющих номинальный ток вторичной обмотки, отличающийся от 1 А, вышеуказанные значения необходимо скорректировать обратно пропорционально квадрату тока.

ПРИМЕЧАНИЕ Для данного трансформатора, если одно из значений номинальной мощности является стандартным и связанным со стандартным классом точности, заявление других номинальных мощностей, которые могут быть нестандартными значениями, но связанными с другими стандартными классами точности, не исключается.

4.6 Номинальный класс точности

4.6.201 Измерительные трансформаторы тока

4.6.201.1 Обозначение класса точности для измерительных трансформаторов тока

Для измерительных трансформаторов тока, класс точности определяется наивысшим допустимым процентом погрешности коэффициента трансформации (ε) при номинальном токе первичного контура и номинальной мощности.

4.6.201.2 Стандартные классы точности

Стандартные классы точности для измерительных трансформаторов тока таковы:

0,1 - 0,2 - 0,2S - 0,5 - 0,5S - 1 - 3 – 5 классы точности

4.6.201.3 Пределы погрешности коэффициента трансформации (ε) и смещения фазы для измерительных трансформаторов тока

Для классов 0,1 - 0,2 - 0,5 и 1, погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы при номинальной частоте не должны превышать значения, указанные в Таблице 201, где нагрузка может принимать любое значение от 25 % до 100 % номинальной мощности.

Для классов 0,2S и 0,5S погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы при номинальной частоте не должны превышать значения, указанные в Таблице 202, где нагрузка может принимать любое значение от 25 % и 100 % номинальной мощности.

Для класса 3 и класса 5, погрешность коэффициента трансформации при номинальной частоте не должна превышать значения, указанные в Таблице 203, где нагрузка может принимать любое значение от 50 % до 100 % номинальной мощности. Нет никаких заданных пределов смещения фазы для класса 3 и класса 5.

Для всех классов, нагрузка должна иметь коэффициент мощности 0,8 отстающего, за исключением случая, когда нагрузка меньше 5 ВА – тогда должен использоваться коэффициент мощности 1,0, с минимальным значением 1 ВА.

ПРИМЕЧАНИЕ Предписанные пределы погрешности коэффициента трансформации и смещения фазы действительны для любого данного положения внешнего проводника, расположенного на некотором расстоянии в воздухе не меньше расстояния, требуемого для изоляции в воздухе при самом высоком напряжении для оборудования (U_m).

СТ РК IEC 61869-2-2013

**Таблица 201 - Пределы погрешности коэффициента трансформации и смещения фазы для измерительных трансформаторов тока
(классы с 0,1 по 1)**

Класс точности	Погрешность коэффициента трансформации ± %				Смещение фазы							
					± Минуты				± Сантирадианы			
	при токе (%) номинального				при токе (%) номинального				при токе (%) номинального			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

**Таблица 202 - Пределы погрешности коэффициента трансформации и смещения фазы для измерительных трансформаторов тока
(классы 0,2S и 0,5S)**

Класс точности	Погрешность коэффициента трансформации ± %					Смещение фазы									
						± Минуты				± Сантирадианы					
	при токе (%) номинального					при токе (%) номинального				при токе (%) номинального					
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

Таблица 203 - Пределы погрешности коэффициента трансформации для измерительных трансформаторов тока (классы 3 и 5)

Класс	Погрешность коэффициента трансформации	
	$\pm \%$	
	при токе (% номинального)	
	50	10
3	3	3
5	5	5

4.6.201.4 Расширенный диапазон нагрузки

Для всех измерительных классов может быть определен расширенный диапазон нагрузки. Погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы не должны превышать пределы соответствующего класса, данного в Таблице 201, Таблице 202 и Таблице 203 для диапазона нагрузки вторичной обмотки от 1 ВА до номинальной мощности. Коэффициент мощности должен быть 1,0 по полному диапазону нагрузки. Максимальная номинальная мощность ограничена 15 ВА.

4.6.201.5 Увеличенные номинальные токи

Трансформаторы тока классов точности от 0,1 до 1 могут быть маркированы как имеющие увеличенный номинальный ток, при условии, что они соответствуют следующим двум требованиям:

- а) номинальный непрерывный тепловой ток должен быть номинальным увеличенным током первичной обмотки;
- б) пределы погрешности коэффициента трансформации и смещения фазы, предписанные для 120 % номинального тока первичной обмотки в Таблице 201, должны быть сохранены вплоть до номинального увеличенного тока первичной обмотки.

Номинальный расширенный ток первичной обмотки должен быть выражен как процент номинального тока первичной обмотки.

4.6.201.6 Коэффициент безопасности прибора

Можно задать коэффициент безопасности прибора.

Стандартные значения таковы: FS 5 и FS 10

4.6.202 Защитные трансформаторы тока

4.6.202.1 Общие положения

Обозначены три разных подхода к определению защитных трансформаторов тока (см. Таблицу 204). На практике, каждое из этих трех определений может дать одну и ту же физическую реализацию.

Таблица 204 - Характеристика защитных классов

Обозначение	Предел для остаточного потока	Объяснение
P	нет ^{a)}	Определение трансформатора тока так, чтобы он соответствовал требованиям к полной погрешности тока короткого замыкания в симметричном стационарном состоянии
PR	да	
PX	нет ^{a), b)}	Определение трансформатора тока посредством задания его характеристик намагничивания
PXR	да ^{b)}	
TPX	нет ^{a)}	Определение трансформатора тока так, чтобы он соответствовал требованиям к погрешности, обусловленной переходными процессами, в условиях асимметричного тока короткого замыкания
TPY	да	
TPZ	да	

—

а) Хотя нет никакого предела остаточного потока, воздушные зазоры разрешены, например, в трансформаторах тока с разъёмным сердечником.

б) Для того, чтобы различать PX и PXR, используются критерии остаточного потока.

4.6.202.2 Защитные трансформаторы тока класса Р

4.6.202.2.1 Стандартные коэффициенты предела кратности по точности (ALF)

Стандартные значения ALF:

5 - 10 - 15 - 20 - 30

4.6.202.2.2 Обозначение класса точности

Класс точности обозначается, используя самый высокий допустимый процент полной погрешности, за которым следует буква «Р» (означающая «защита») и значение ALF.

4.6.202.2.3 Стандартные классы точности

Стандартные классы точности для защитных трансформаторов тока:

5Р и 10Р

4.6.202.2.4 Пределы погрешности для защитных трансформаторов тока класса Р

При номинальной частоте и с присоединённой номинальной нагрузкой, погрешность коэффициента трансформации, смещение фазы и полная погрешность не должны превышать пределы, указанные в Таблице 205.

Номинальная нагрузка должна иметь коэффициент мощности 0,8 индуктивного за исключением того, что когда номинальная мощность меньше 5 ВА, необходимо использовать коэффициент мощности 1,0.

Таблица 205 - Пределы погрешности для защитных трансформаторов тока класса Р и PR

Класс точности	Погрешность коэффициента трансформации при номинальном токе первичной обмотки ± %	Смещение фазы при номинальном токе первичной обмотки		Полная погрешность при номинальном токе первичной обмотки предельной точности %
		± Минуты	± Сантирадианы	
5Р и 5PR	1	60	1,8	5
10Р и 10PR	3	-	-	10

4.6.202.3 Защитные трансформаторы тока класса PR

4.6.202.3.1 Стандартные коэффициенты предела точности (ALF)

Стандарт значения *ALF*:

$$5 - 10 - 15 - 20 - 30$$

4.6.202.3.2 Обозначение класса точности

Класс точности обозначается самым высоким допустимым процентом полной погрешности, за которым следуют буквы «PR» (обозначающие низкую остаточную магнитную индукцию защиты) и значение *ALF*.

4.6.202.3.3 Стандартные классы точности

Стандартные классы точности для защитных трансформаторов тока с низкой остаточной магнитной индукцией:

$$5\text{PR} \text{ и } 10\text{PR}$$

4.6.202.3.4 Пределы погрешности для защитных трансформаторов тока класса PR

При номинальной частоте и с присоединённой номинальной нагрузкой, погрешность коэффициента трансформации, смещение фазы и полная погрешность не должны превышать пределы, указанные в Таблице 205.

Номинальная нагрузка должна иметь коэффициент мощности 0,8 индуктивного за исключением того, что когда номинальная мощность меньше 5 ВА, необходимо использовать коэффициент мощности 1,0.

4.6.202.3.5 Коэффициент прямоугольности (K_R)

Коэффициент прямоугольности (K_R) не должен превышать 10 %.

ПРИМЕЧАНИЕ Вставка одного или нескольких воздушных зазоров в сердечник – метод ограничения коэффициента прямоугольности.

4.6.202.3.6 Постоянная времени вторичной петли (T_s)

Можно задать постоянную времени вторичной петли.

4.6.202.3.7 Вторичной обмотки сопротивление (R_{ct})

Можно задать верхний предел сопротивления вторичной обмотки.

4.6.202.4 Защитные трансформаторы тока класса РХ и класса РХР

Рабочие характеристики защитных трансформаторов тока класса РХ должно быть заданы в терминах следующих величин:

- номинальный ток первичной обмотки (I_{pr});
- номинальный ток вторичной обмотки (I_{sr});
- номинальный коэффициент трансформации по соотношению витков;
- номинальная ЭДС точки загиба (E_k);
- верхний предел тока возбуждения (I_e) при номинальной ЭДС точки загиба и/или на установленный процент данной величины;
- верхний предел сопротивления вторичной обмотки (R_{ct}).

Вместо того, чтобы задавать номинальную ЭДС точки загиба (E_k), E_k можно вычислить следующим образом:

$$E_k = K_x \times (R_{ct} + R_b) \times I_{sr}$$

В данном случае необходимо задать номинальную резистивную нагрузку (R_b) и размерный коэффициент (K_x), а выбор R_{ct} остаётся за изготавителем.

Для класса РХ погрешность коэффициента трансформации не должна превышать $\pm 0,25\%$.

Для класса РХР погрешность коэффициента трансформации не должна превышать $\pm 1\%$.

Для класса РХР коэффициент прямоугольности не должен превышать 10 %.

ПРИМЕЧАНИЕ 201 Для того чтобы гарантировать коэффициент прямоугольности $<= 10\%$, трансформаторы тока класса РХР могут включать воздушные зазоры.

ПРИМЕЧАНИЕ 202 Для больших сердечников класса РХР с маленькими ампервитками, может быть трудно выполнить требование к коэффициенту прямоугольности. В таких случаях можно согласовать коэффициент прямоугольности больше, чем 10 %.

4.6.202.5 Защитные трансформаторы тока для переходных характеристик

4.6.202.5.1 Пределы погрешности для трансформаторов тока ТРХ, ТРУ и ТРZ

Когда номинальная резистивная нагрузка присоединена к трансформатору тока, погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы при номинальной частоте не должны превышать пределы погрешности, указанные в Таблице 206.

Когда заданный рабочий цикл (или рабочий цикл, соответствующий заданному переходному размерному коэффициенту K_{ul}), применены к трансформатору тока, соединённому с номинальной резистивной нагрузкой,

погрешности, связанные с переходными процессами, $\hat{\varepsilon}$ (для TPX и TPY) или $\hat{\varepsilon}_{ac}$ (для TPZ) не должны превышать пределы, указанные в Таблице 206.

Все пределы погрешности основаны на температуре вторичной обмотки 75°C.

**Таблица 206 - Пределы погрешности для трансформаторов тока
TPX, TPY и TPZ**

Класс	При номинальном токе первичного контура			Пределы погрешности, обусловленной переходными процессами, при заданных условиях рабочего цикла	
	Погрешность коэффициента трансформации ± %	Смещение фазы			
		±Минуты	±Сантирадианы		
TPX	0,5	±30	±0,9	$\hat{\varepsilon} = 10\%$	
TPY	1,0	±60	±1,8	$\hat{\varepsilon} = 10\%$	
TPZ	1,0	180±18	5,3±0,6	$\hat{\varepsilon}_{ac} = 10\%$	

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В некоторых случаях, абсолютная величина смещения фазы может быть менее важна, чем достижение минимального отклонения от среднего значения данной производственной серии.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для сердечников TPY, можно использовать следующую формулу при условии, что соответствующее значение E_{al} не превышает линейную часть кривой намагничивания:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{K_{id}}{2\pi \int_R \times T_s} \times 100\%$$

4.6.202.5.2 Пределы для коэффициента прямоугольности (K_R)

TPX: нет предела

TPY: $K_R \leq 10\%$

TPZ: $K_R \leq 10\%$.

ПРИМЕЧАНИЕ Для сердечников TPZ, коэффициент прямоугольности <<10 % задаётся конструкцией, в связи с чем, остаточным магнитным потоком можно пренебречь.

4.6.202.5.3 Методы спецификации

Два метода спецификации показаны в Таблице 207.

В некоторых случаях, выбор одного определенного рабочего цикла не может описать все требования защиты, в связи с чем, альтернативное определение предлагает возможность определить «полные требования», которые охватывают требования различных рабочих циклов. Спецификации

СТ РК IEC 61869-2-2013

нельзя смешивать; в противном случае трансформатор тока может оказаться переопределен.

**Таблица 207 - Методы спецификации для трансформаторов тока
TPX, TPY и TPZ**

Стандартная спецификация	Альтернативная спецификация
Обозначение класса (TPX, TPY или TPZ)	Обозначение класса (TPX, TPY или TPZ)
Номинальный симметричный коэффициент тока короткого замыкания K_{ssc}	Номинальный симметричный коэффициент тока короткого замыкания K_{ssc}
Рабочий цикл, состоящий из для цикла С-О: $t'al$ для цикла С-О-С- О: $t'_{al}, t', t_{fr}, t''_{al}$	Номинальное значение переходного размерного коэффициента K_{ld} Номинальное значение постоянной времени вторичной петли T_S (только для сердечников TPY)
Номинальная постоянная времени первичного контура T_P	
Номинальная резистивная нагрузка R_b	Номинальная резистивная нагрузка R_b

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для трансформаторов тока, вторичные обмотки которых имеют отводы, данные требования к точности могут быть выполнены только для одного коэффициента.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для трансформаторов тока с переключением первичной обмотки, требования точности могут быть выполнены для разных коэффициентов. В данном случае следует обратить внимание на коэффициент конструкции F_c , на который может влиять конфигурация проводников первичной обмотки.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 В альтернативной спецификации, K_{ld} обычно задает поставщик защитных устройств. Значение T_S также должно быть задано, потому что это единственный параметр трансформатора тока, который используется в вычислении K_{ld} .

4.6.203 Назначения класса на трансформаторы тока с выбираемым коэффициентом

4.6.203.1 Характеристики точности для трансформаторов тока с переключением первичной обмотки

Для всех классов точности, требования к точности относятся ко всем заданным переключениям.

4.6.203.2 Характеристики точности для трансформаторов тока с вторичными обмотками с отводами

Для всех классов точности, требования точности относятся к самому высокому коэффициенту трансформации, если не определено иное.

По требованию покупателя, изготовитель должен предоставить информацию о характеристиках точности при более низких коэффициентах.

4.201 Стандартные значения для номинального тока первичной обмотки

Стандартные значения для номинального тока первичной обмотки:

10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 А,

и их десятичные кратные или доли. Предпочтительными являются подчеркнутые значения.

4.202 Стандартные значения для номинального тока вторичной обмотки

Стандартные значения для номинального тока вторичной обмотки - 1 А и 5 А.

Для защитных трансформаторов тока для переходных характеристик, стандартное значение номинального тока вторичной обмотки - 1 А.

4.203 Стандартные значения для номинального непрерывного теплового тока

Стандартное значение для номинального непрерывного теплового тока - номинальный ток первичной обмотки.

Когда задан номинальный непрерывный тепловой ток, превышающий номинальный ток первичной обмотки, предпочтительные значения - 120 %, 150 % и 200 % номинального тока первичной обмотки.

4.204 Номинальные значения кратковременного тока

4.204.1 Номинальный ток термической стойкости (I_{th})

Трансформатору должен быть назначен номинальный ток термической стойкости (I_{th}).

Стандартное значение для продолжительности номинального кратковременного теплового тока - 1 с.

4.204.2 Номинальный рабочий ток (I_{dyn})

Стандартное значение номинального динамического тока (I_{dyn}) - 2,5 умножить на номинальный кратковременный тепловой ток (I_{th}).

5 Проектирование и сооружение

5.4 Требования для повышения температуры деталей и компонентов

5.4.1 Общие требования

Настоящий раздел применим со следующим дополнением:

Повышение температуры в трансформаторе тока при пропускании тока первичной обмотки, равного номинальному непрерывному тепловому току, с нагрузкой, коэффициент мощности которой равен единице и которая соответствует соответствующей номинальной мощности, не должно превышать соответствующего значения, указанного Таблице 5 ИЕС 61869-1. Данные значения основаны на условиях эксплуатации, приведённых в Разделе 4.

5.13 Маркировка

5.13.201 Маркировка клемм

5.13.201.1 Общие правила

Маркировки клемм должны идентифицировать следующее:

- первичная и вторичная обмотки;
- секции обмотки, при наличии;
- относительные полярности обмоток и секций обмоток;
- промежуточные отводы, при наличии.

5.13.201.2 Метод маркировки

Маркировка должна состоять из букв, за которыми или перед которыми, где необходимо, идут числа. Буквы должны быть печатными.

5.13.201.3 Маркировки, которые необходимо использовать

Маркировки клемм трансформаторов тока должны быть такими, как указано в Таблице 208.

Таблица 208 - Маркировка клемм

Клеммы обмотки	первичной		Трансформатор с одним коэффициентом		Трансформатор с промежуточными отводами на вторичной обмотке
	вторичной				
Клеммы обмотки	первичной				Трансформатор с первичной обмоткой в 2 секции, предназначенные для соединения либо последовательно, либо параллельно
	вторичной				

5.13.201.4 Обозначение относительных полярностей

Все клеммы, маркованные P1, S1 и C1, должны иметь одну и ту же полярность в один и тот же момент.

5.13.202 Маркировка таблички с техническими данными**5.13.202.1 Общие положения**

В дополнение к тем маркировкам, которые определены в IEC 61869-1, Раздел 6.13, все трансформаторы тока должны иметь маркировку таблички с техническими данными общего вида, как определено в данном разделе. Маркировки, связанные с конкретными классами точности, даны в 6.13.202.2 - 6.13.202.6.

- а) номинальный ток первичной и вторичной обмотки (например, 100/1 A);
- б) номинальный ток термической стойкости (I_{th}), (например, $I_{th} = 40 \text{ kA}$);
- с) номинальный рабочий ток (I_{dyn}), если он отличается от $2,5 \times I_{th}$, (например, $I_{dyn} = 85 \text{ kA}$);
- д) на трансформаторах тока с двумя или больше вторичными обмотки, использование каждой обмотки и её соответствующих клемм;
- е) номинальный непрерывный тепловой ток, если он отличается от номинального тока первичной обмотки.

ПРИМЕР 1

Для трансформатора тока с одним сердечником с ответвлениями вторичной обмотки: $I_{cth} = 150\%$ (значение 150 % номинального тока первичной обмотки для каждого ответвления)

ПРИМЕР 2

Для трансформаторов тока с несколькими сердечниками, имеющими разные коэффициенты (например, 300/5 A и 4000/1 A): $I_{cth} = 450 \text{ A}$ (значение 450 A как максимальный непрерывный тепловой ток через все сердечники трансформатора тока)

ПРИМЕР 3

Для трансформаторов тока с переключением первичной обмотки (4x300/1 A): $I_{cth} = 4 \times 450 \text{ A}$ (значение непрерывного теплового тока 450, 900 или 1800, в зависимости от переключения первичной обмотки)

Трансформатор тока, удовлетворяющий требованиям нескольких комбинаций мощности и класса точности, может быть маркирован в соответствии с ними всеми.

ПРИМЕР 4 5 VA cl. 0,5; 10 VA cl. 5P20

ПРИМЕР 5 15 VA cl. 1; 7 VA cl. 0,5

ПРИМЕР 6 5 VA cl.1 & 5P20

5.13.202.2 Специальная маркировка таблички с техническими данными измерительного трансформатора тока

Класс точности и коэффициент безопасности прибора (при наличии) должны быть указаны вслед за указанием соответствующей номинальной мощности.

ПРИМЕР 1 15 VA cl. 0,5

ПРИМЕР 2 15 VA cl. 0,5 FS 10

СТ РК IEC 61869-2-2013

На трансформаторах тока, имеющих увеличенный номинальный ток (см. 5.6.201.5), данное номинальное значение должно быть указано сразу же после обозначения класса.

ПРИМЕР 3 15 VA cl. 0,5 ext.150 % FS 10

Для трансформаторов тока, имеющих расширенный диапазон нагрузки (см. 5.6.201.4), данное номинальное значение должно непосредственно предшествовать обозначению класса.

ПРИМЕР 4 1-10 VA class 0,2 (означает диапазон нагрузки от 1 до 10 ВА в классе 0,2),

ПРИМЕЧАНИЕ Табличка с техническими данными может содержать информацию по нескольким комбинациям коэффициентов, нагрузок и классов точности, которым трансформатор может удовлетворять при одном и том же коэффициенте трансформации. В данном случае можно использовать нестандартные значения нагрузки.

ПРИМЕР 15 VA class 1; 7 VA class 0,5

5.13.202.3 Специальная маркировка таблички с техническими данными защитного трансформатора тока класса Р

Номинальная предельная кратность по точности должна быть указана после соответствующей номинальной мощности и класса точности.

ПРИМЕР 30 VA class 5P10

5.13.202.4 Специальная маркировка таблички с техническими данными защитного трансформатора тока класса PR

Номинальная предельная кратность по точности должна быть указана после соответствующей номинальной мощности и класса точности.

ПРИМЕР 1 10 VA class 5PR10

Если определено, то также должны быть указаны следующие параметры:

- постоянная времени вторичной петли (T_s);
- верхний предел сопротивления вторичной обмотки (R_{ct}).

ПРИМЕР 2 10 VA class 5PR10, $T_s = 200 \text{ ms}$, $R_{ct} \leq 2,4 \Omega$

5.13.202.5 Специальная маркировка таблички с техническими данными защитного трансформатора тока класса PX и PXR

Требования класса могут быть указаны следующим образом:

- номинальный коэффициент трансформации по соотношению витков;
- номинальная ЭДС точки загиба (E_k);
- верхний предел тока возбуждения (I_e) при номинальной ЭДС точки загиба и/или заявленный процент данного значения;
- верхний предел сопротивления вторичной обмотки (R_{ct}).

ПРИМЕР 1 Class PX, $E_k = 200$ V, $I_e \leq 0,2$ A, $R_{ct} \leq 2,0$ Ω.

Если задано, то также должны быть указаны следующие параметры:

- размерный коэффициент (K_x);
 - номинальная резистивная нагрузка (R_b).

ПРИМЕР 2 $E_k = 200 \text{ В}$, $I_e \leq 0,2 \text{ А}$, $R_{ct} \leq 2,0 \Omega$, $K_x = 40$, $R_b = 3,0 \Omega$.

5.13.202.6 Специальная маркировка таблички с техническими данными трансформаторов тока для переходных характеристик

Маркировка класса состоит из следующих 2 элементов:

а) Часть определений (обязательная)

Часть определения содержит существенную информацию, которая необходима для определения того, соответствует ли трансформатор тока данным требованиям (состоящим из рабочего цикла и T_p).

ПРИМЕР 1 Применяя $K_{SSC} = 20$ и $K_{td} = 12,5$,

$R_b = 5 \Omega$, класс TPX 20x12.5: $R_{ct} \leq 2.8 \Omega$

$R_{\text{ct}} = 2.8 \text{ Ом}$, $T_{\text{s}} = 900$ миллисекунд;

R_b = 5 Ом, класс TPZ 20x12.5:

ПРИМЕЧАНИЕ Для R_{ct} можно указать его максимальное значение в пределах партии.

б) Дополнительная часть (обязательна, только если рабочий цикл задан клиентом)

Дополнительная часть представляет один из многих возможных рабочих циклов, которые приводят к значению K_{1d} определённому в а).

ПРИМЕР 2

Цикл 100 мс, $T_p = 100$ мс

означает $t'_{\text{sl}} = 100 \text{ мс}$, $T_p = 100 \text{ мс}$

Цикл (40-100)-300-40 мс, $T_p = 100$ мс означает $t'_{al}=40$ мс, $t'=100$ мс, $t_{ff}=300$ мс, $t'_{sl}=40$ мс, $T_n=100$ мс

Цикл (100-100)-300-40 мс, $T_p = 75$ мс означает $t' = t'_{al} = 100$ мс, $t_{if} = 300$ мс, $t''_{al} = 40$ мс, $T_p = 75$ мс.

6 Испытания

6.1 Общие положения

6.1.2 Списки испытаний

Таблица 10 IEC 61869-1 заменена новой Таблицей 10

Таблица 10 - Список испытаний

Испытания	Подпункт
Испытания типа	7.2
Испытание на нагрев	7.2.2
Испытание на выдерживаемое импульсное напряжение на клеммах первичной обмотки	7.2.3
Испытание влажностью для трансформаторов открытого типа	7.2.4
Испытания на электромагнитную совместимость	7.2.5
Испытания на точность	7.2.6
Проверка степени защиты кожухами	7.2.7
Испытание на герметичность кожуха при температуре окружающей среды	7.2.8
Испытание под давлением для кожуха	7.2.9
Испытания кратковременным током	7.2.201
Стандартные испытания	7.3
Испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты на клеммах первичной обмотки	7.3.1
Измерение частичного разряда	7.3.2
Испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты между секциями	7.3.3
Испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты на клеммах вторичной обмотки	7.3.4
Испытания на точность	7.3.5
Проверка маркировок	7.3.6
Испытание на герметичность кожуха при температуре окружающей среды	7.3.7
Испытание под давлением для кожуха	7.3.8
Определение сопротивления вторичной обмотки	7.3.201
Определение постоянной времени вторичной петли	7.3.202
Испытание на номинальную ЭДС точки загиба и ток возбуждения при номинальной ЭДС точки загиба	7.3.203
Испытание на межвитковое перенапряжение	7.3.204
Специальные испытания	7.4
Испытания на выдерживаемое напряжение срезанного импульса на клеммах первичной обмотки	7.4.1
Испытания на множественный срезанный импульс на клеммах первичной обмотки	7.4.2
Измерение ёмкости и коэффициента диэлектрических потерь	7.4.3
Испытание на переданное перенапряжение	7.4.4
Механические испытания	7.4.5
Испытание до отказа при воздействии внутренней дуги	7.4.6
Испытание на герметичность кожуха при низких и высоких температурах	7.4.7

Таблица 10 (продолжение)

Испытания	Подпункт
Испытание на точку росы газа	7.4.8
Испытание на коррозию	7.4.9
Испытание на пожароопасность	7.4.10
Испытания на образцах	7.5
Определение коэффициента прямоугольности	7.5.1
Определение коэффициента безопасности прибора (FS) измерительных трансформаторов тока	7.5.2

Таблица 11 IEC 61869-1 применима со следующим дополнением:

Для GIS трансформаторов тока, испытания на точность можно выполнить, не изолируя газ.

6.2 Испытания типа

6.2.2 Испытание на нагрев

IEC 61869-1, 7.2.2 применим со следующими дополнениями:

6.2.2.201 Схема испытания

Трансформатор тока должен быть установлен способом, являющимся представительным для способов монтажа при эксплуатации, а вторичная обмотка должна быть нагружена согласно 6.4.1. Поскольку положение трансформатора тока в каждой установке распределительного устройства может отличаться, то устройство схемы испытания остаётся на усмотрение изготовителя.

В случае трансформаторов тока в трёхфазном распределительном устройстве в металлическом кожухе с газовой изоляцией все три фазы должны испытываться вместе.

6.2.2.202 Измерение окружающей температуры

Датчики для измерения окружающей температуру должны быть распределены вокруг трансформатора тока на соответствующем расстоянии в соответствии с номинальными значениями трансформатора тока и приблизительно на половине высоты трансформатора; они должны быть защищены от прямого теплового излучения.

Для того, чтобы минимизировать влияние температуры охлаждающего воздуха, особенно во время последнего периода испытания, для температурных датчиков следует использовать соответствующие средства, такие как теплоотводы с постоянной времени, приблизительно равной постоянной времени трансформатора.

Для испытания необходимо использовать средние показания двух датчиков.

6.2.2.203 Продолжительность испытания

Испытание может быть остановлено, когда выполнены оба следующих условия:

- продолжительность испытания равна трёхкратной тепловой постоянной времени трансформатора тока;
- скорость повышения температуры обмотки (и масла в верхней части бака трансформатора масляных трансформаторов тока) не превышает 1 К в час во время трёх последовательных снятий показаний повышения температуры.

Изготовитель должен оценить тепловую постоянную времени одним из следующих методов:

- перед испытанием, основанным на результатах предыдущих испытаний на подобной конструкции. Тепловая постоянная времени должна быть подтверждена во время испытания на нагрев;
- во время испытания, из кривой (кривых) повышения температуры или кривой (кривых) понижения температуры, записанных в ходе испытания и вычисленных в соответствии с Приложением 2D;
- во время испытания, в точке пересечения между касательной к кривой повышения температуры, проходящей через 0, и максимальным предполагаемым повышением температуры;
- во время испытания, когда время истечёт до 63 % максимального предполагаемого повышения температуры.

6.2.2.204 Температуры и повышения температуры

Цель испытания состоит в том, чтобы определить среднее повышение температуры обмотки и, для масляных трансформаторов, повышение температуры масла в верхней части бака трансформатора, в стабильном состоянии, когда в трансформаторе тока генерируются потери, являющиеся результатом заданных условий эксплуатации.

Средняя температура обмотки должна, когда это целесообразно, быть определена методом изменения сопротивления, но для обмоток очень низкого сопротивления можно использовать термометры, термопары или другие соответствующие температурные датчики.

Термометры или термопары должны измерять повышение температуры деталей, кроме обмоток. Температуру масла в верхней части бака трансформатора необходимо измерить датчиками, приложенными к верху металлической головки, непосредственно соприкасающейся с маслом.

Значения повышения температуры необходимо определить по разности относительно температуры окружающей среды, измеренной согласно 7.2.2.202.

6.2.2.205 Способы испытаний для трансформаторов тока, имеющих $U_m < 550$ кВ

Испытание должно быть выполнено путём приложения номинального непрерывного теплового тока к первичной обмотке.

По соглашению между изготовителем и покупателем, испытательный ток также можно приложить, подавая питание на одну или несколько вторичных обмоток, если напряжения на вторичных клеммах сердечников возбуждения, высоки настолько, как будто они соединены с номинальным нагружкой, при этом первичная обмотка разомкнута, а находящаяся без питания вторичная обмотка (обмотки) соединена (соединены) с номинальной нагрузкой (нагрузками).

6.2.2.206 Способы испытания для масляных трансформаторов тока, имеющих $U_m > 550$ кВ

Испытание необходимо выполнить, одновременно приложив к трансформатору тока следующее:

- номинальный непрерывный тепловой ток к первичной обмотке;

Испытательный ток также может быть приложен путём подачи питания на одну вторичную обмотку или на несколько вторичных обмоток, если напряжения на вторичных клеммах сердечников возбуждения высоки настолько, как будто они соединены с номинальным нагружкой. При этом первичная обмотка разомкнута, а находящаяся без питания вторичная обмотка (обмотки) соединена с номинальной нагрузкой (нагрузками).

- самое высокое напряжение оборудования, делённое на $\sqrt{3}$ между первичной обмоткой и землей.

Одна клемма каждой вторичной обмотки должна быть соединена с землей.

6.2.3 Испытание на выдерживаемое импульсное напряжение на клеммах первичной обмотки

6.2.3.1 Общие положения

Согласно ИЕС 61869-1, 7.2.3.1 со следующим дополнением:

Испытательное напряжение необходимо приложить между клеммами первичной обмотки (соединёнными вместе) и землёй. Рама, корпус (при наличии), и сердечник (если он предназначен для заземления) и все клеммы вторичной обмотки (обмоток) должны быть соединены с землей.

В случае трёхфазных трансформаторов тока для подстанций с газовой изоляцией необходимо проверить каждую фазу по одной. Во время испытаний на каждой фазе другие фазы должны быть заземлены.

Критерий приёчки трансформаторов в металлическом кожухе с газовой изоляцией, см. ИЕС 62271-203, пункт 6.2.4.

6.2.6 Испытания на точность

6.2.6.201 Испытание на погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы измерительных трансформаторов тока

Для того чтобы доказать соответствие пунктам 5.6.201.3, 5.6.201.4 и 5.6.201.5, необходимо выполнить измерения точности при каждом значении тока, указанном в Таблице 201, Таблице 202 и Таблице 203, соответственно, при самом высоком и при самом низком значении заданного диапазона нагрузки.

СТ РК IEC 61869-2-2013

Трансформаторы, имеющие увеличенный номинальный ток, необходимо испытывать при номинальном расширенном токе первичного контура вместо 120 % номинального тока.

6.2.6.202 Определение коэффициента безопасности прибора (FS) измерительных трансформаторов тока

Данное испытание может быть выполнено, используя следующий косвенный метод испытаний:

При разомкнутой первичной обмотке подаётся питание на вторичную обмотку при номинальной частоте посредством практически синусоидального напряжения. Напряжение необходимо увеличивать до тех пор, пока тока возбуждения I_e не достигает значения $I_{sr} \times FS \times 10\%$.

Среднеквадратическое значение полученного предельного напряжения должно быть меньше предельной ЭДС вторичной обмотки E_{FS} (см. 3.4.206).

Напряжение возбуждения необходимо измерять прибором, отклик которого пропорционален среднему значению выпрямленного сигнала, но калибранный в среднеквадратических значениях. Ток возбуждения необходимо измерить, используя прибор, измеряющий среднеквадратические значения, имеющий минимальный коэффициент амплитуды 3.

Если результат измерения будет сомнительным, то необходимо выполнить дополнительное измерение посредством прямого испытания (см. 2A.5, 2A.6), тогда результат прямого испытания будет эталонным.

ПРИМЕЧАНИЕ Большим преимуществом косвенного испытания является то, что токи высокого напряжения не являются необходимыми (например, 30 000 А при номинальном токе первичного контура 3 000 А и коэффициенте безопасности прибора 10) и также то, что не следует предоставлять никаких нагрузок для 50 А. Эффект обратных проводов первичной обмотки не является физически эффективен во время косвенного испытания. В условиях эксплуатации, эффект может только увеличить сложную ошибку, что является желательным для безопасности прибора, подаваемого измерительным трансформатором тока.

6.2.6.203 Испытание на полную погрешность защитных трансформаторов тока класса Р и PR

Согласно следующим двум процедурам испытания:

а) Соответствие пределам полной погрешности, указанным в Таблице 205, должно быть продемонстрировано прямым испытанием, в котором практически синусоидальный ток, равный номинальному току первичной обмотки предельной точности, проходит через первичную обмотку; вторичная обмотка при этом соединена с нагрузкой, величина которой равна номинальной нагрузке, но имеющая, по усмотрению изготовителя, коэффициент мощности между 0,8 индуктивной и единицей (см. 2A.4, 2A.5, 2A.6, 2A.7).

Испытание может быть выполнено на трансформаторе, подобном поставляемому, за исключением того, что можно использовать уменьшенную

изоляцию, при условии сохранения того же самого геометрического распределения.

Когда речь идёт об очень сильных токах первичного контура и трансформаторах тока с одностержневой первичной обмоткой, расстояние обратным проводом первичного контура и трансформатором тока следует учитывать с точки зрения воспроизведения условий эксплуатации.

б) Для трансформаторов тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния согласно Приложению 2С, прямое испытание можно заменить следующим косвенным испытанием.

При разомкнутой первичной обмотке подаётся питание на вторичную обмотку при номинальной частоте посредством практически синусоидального напряжения, имеющего среднеквадратическое значение, равное предельной ЭДС вторичного контура E_{ALF} .

Получающийся ток возбуждения, выраженный как процент $I_{sr} \times ALF$, не должен превышать предел полной погрешности, указанный в Таблице 205.

Напряжение возбуждения необходимо измерять прибором, отклик которого пропорционален среднему значению выпрямленного сигнала, но калибранный в среднеквадратических значениях. Ток возбуждения необходимо измерить, используя прибор, измеряющий среднеквадратические значения, имеющий минимальный коэффициент амплитуды 3.

При определении полной погрешности косвенным методом нет необходимости учитывать возможную поправку коэффициента трансформации по соотношению витков.

6.2.6.204 Испытание на ошибку при ограничении условий для защитных трансформаторов тока класса TPX, TPY и TPZ

Цель испытания типа состоит в том, чтобы доказать соответствие требованиям при предельных условиях, методы испытаний см. Приложение 2В.

Если трансформатор тока – трансформатор типа с низким реактивным сопротивлением рассеяния согласно Приложению 2С, то можно выполнить косвенное испытание типа согласно 2В.2, в ином случае необходимо выполнить прямое испытание в соответствии с 2В.3.

Испытание можно выполнить на полномасштабной модели активной части узла трансформатора тока, включая весь металлический корпус, но без изоляции.

6.2.6.205 Испытание типа с низким реактивным сопротивлением рассеяния для защитных трансформаторов тока класса РХ и РХР

Проверку низкого реактивного сопротивления рассеяния необходимо сделать в соответствии с Приложением 2С.

6.2.6.206 Определение коэффициента прямоугольности защитных трансформаторов тока класса РР, TPY, и PXR

Для того, чтобы доказать соответствие требованиям:

- 5.6.202.3.5 для класса РР;

СТ РК IEC 61869-2-2013

- 5.6.202.5.2 для класса ТРУ;
- 5.6.202.4 для класса РХР,

необходимо определить коэффициент прямоугольности (K_R). Методы испытаний см. в 2В.2.

6.2.201 Испытания кратковременным током

Для того чтобы проверить требования номинального кратковременного теплового тока и номинального динамического тока, указанные в 5.204, заданы два последующих испытания.

Тепловое испытание необходимо выполнять при разомкнутой вторичной обмотке (обмотках), и при токе I' в течение времени t' , так, чтобы

$$I'^2 \times t' \geq I_{th}^2 \times t$$

где, t - заданная продолжительность кратковременного теплового тока, величина t' должна иметь значения между 0,5 с и 5 с.

Динамическое испытание необходимо выполнять при разомкнутой вторичной обмотке (обмотках), и с током первичной обмотки, амплитудное значение которого не меньше номинального рабочего тока (I_{dyn}) для одного пика.

Динамическое испытание можно объединить с описанным выше испытанием на нагрев, при условии, что ток первого основного пика этого испытания не меньше номинального рабочего тока (I_{dyn}).

Трансформатор должен считаться прошедшим эти испытания, если, после охлаждения до температуры окружающей среды (между 10 °C и 40 °C), удовлетворяет следующим требованиям:

а) нет явных повреждений;

б) погрешности после размагничивания не отличаются от тех, которые были зарегистрированы перед испытаниями, больше чем на половину пределов погрешности, соответствующих его классу точности;

с) выдерживает диэлектрические испытания, определенные в 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 и 7.3.4, но с испытательными напряжениями или токами, уменьшенными до 90 % указанных значений;

д) при исследовании не обнаруживается какого-либо значительного ухудшения состояния изоляция рядом с поверхностью проводника (например, обугливание).

Обследование д) не требуется, если плотность тока в первичной обмотке, соответствующая номинальному кратковременному тепловому току (I_{th}), не превышает следующих значений:

- 180 A/mm², когда обмотка сделана из меди проводимости не менее 97 % значения, указанного в IEC 60028;

- 120 A/mm², когда обмотка сделана из алюминия проводимости не менее 97 % значения, указанного в IEC 60121.

ПРИМЕЧАНИЕ Опыт показал, что при эксплуатации требования к стойкости по нагреву в общем случае выполнены в случае изоляции класса А, при условии, что

плотность тока в первичной обмотке, соответствующая номинальному кратковременному тепловому току, не превышает вышеупомянутые значения.

6.3 Стандартные испытания

6.3.1 Испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты на клеммах первичной обмотки

Согласно IEC 61689-1 со следующим дополнением:

Испытательное напряжение необходимо приложить между разомкнутой основной обмоткой и землей. Разомкнутая вторичная обмотка (обмотки), рама, корпус (при наличии) и сердечник (если есть специальная земляная клемма) должны быть соединены с землей.

6.3.5 Испытания на точность

6.3.5.201 Испытания на погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы измерительных трансформаторов тока

Стандартное испытание на точность – то же самое как испытание типа из пункта 7.2.6.201, за исключением того, что разрешены стандартные испытания на сокращенном числе токов, и/или нагрузок, при условии, что испытания типа на подобном трансформаторе показали, что такое сокращенное количество испытаний достаточно для доказательства соответствия пункту 5.6.201.3.

6.3.5.202 Испытания на погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы защитных трансформаторов тока класса Р и PR

Испытания необходимо выполнить при номинальном токе первичной обмотки и номинальной нагрузке, чтобы доказать соответствие пунктам 5.6.202.2 и 5.6.202.3, соответственно, в том, что касается погрешности коэффициента трансформации и смещения фазы.

6.3.5.203 Испытание на полную погрешность защитных трансформаторов тока класса Р и PR

Для трансформаторов тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния (см. Приложение 2С), стандартное испытание – то же самое, что косвенное испытание типа, описанное в пункте б) подраздела 7.2.6.203.

Для других трансформаторов тоже можно использовать косвенное испытание, описанное в пункте б) 7.2.6.203, но к результатам необходимо применить поправочный коэффициент на ток возбуждения. Данный коэффициент получается из сравнения между результатами прямых и косвенных испытаний применительно к трансформатору того же самого типа, что и рассматриваемый, при этом предельная кратность по точности и условия нагрузки должны быть одинаковыми. В таких случаях изготовителю следует сохранять у себя испытательные отчеты, чтобы они были доступными.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Поправочный коэффициент равен отношению полной погрешности, полученной прямым методом, и током возбуждения, выраженным как процент $I_{sr} \times ALF$, как определено косвенным методом.

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Выражение «трансформатор того же самого типа» означает, что ампер-витки подобны, независимо от отношения, и что материалы и геометрические распределения железного сердечника и вторичных обмоток идентичны.

6.3.5.204 Испытание на погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы для защитных трансформаторов тока класса TPX, TPY и TPZ

Погрешность коэффициента трансформации и смещение фазы необходимо измерять при номинальном токе, чтобы доказать соответствие 5.6.202.5.1.

Результаты должны соответствовать температуре вторичной обмотки 75 °C.

В связи с чем, необходимо измерить фактическое значение температуры вторичной обмотки и определить разницу с ее значением, скорректированным на 75 °C. Измерение погрешности необходимо выполнять с нагрузкой R_b , увеличенной на вышеуказанную разность сопротивления обмотки.

Альтернативно, для сердечников TPY и TPZ, смещение фазы при 75 °C ($\Delta\varphi_{75}$) можно определить, выполняя измерения при температуре окружающей среды ($\Delta\varphi_{amb}$) и вычисления следующим образом:

$$\Delta\varphi_{75} = \Delta\varphi_{amb} \frac{R_{ct} + R_b}{R_{ctamb} + R_b}$$

где, R_{ctamb} – сопротивление обмотки при температуре окружающей среды. Влиянием данной поправки на сопротивление на погрешность коэффициента трансформации можно пренебречь.

Для испытаний типа и стандартных испытаний приходится применять прямой метод испытаний (используя источник тока первичной обмотки и эталонный трансформатор тока). Для трансформаторов тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния в Приложении 2Е приведён косвенный метод испытаний. Его можно применять для локальных измерений и для целей постоянного контроля.

6.3.5.205 Испытание на ошибку при ограничении условий для защитных трансформаторов тока класса TPX, TPY и TPZ

Цель стандартного испытания состоит в том, чтобы доказать соответствие требованиям при предельных условиях.

Если трансформатор тока – трансформатор с низким реактивным сопротивлением рассеяния согласно Приложению 2С, то необходимо выполнить косвенное испытание согласно 2В.2.

Если соответствие требованиям конструкции с низким реактивным сопротивлением рассеяния не может быть установлено, но доступен протокол испытания типа трансформатора тока того же самого типа, то

необходимо выполнить косвенный испытание согласно 2В.2. В данном случае необходимо рассмотреть возможный доступный коэффициент конструкции F_c , если коэффициент будет больше чем 1,1. Если такое испытание типа не доступно, то необходимо провести испытание типа одного прибора из партии и использовать его результаты в качестве эталонных для косвенного испытания остальных приборов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 При определении коэффициента конструкции F_c , лаборатории должны справиться с высокой неопределенностью измерения из-за необходимости интегрирования ЭДС и вследствие нелинейных параметров при предельных условиях точности. Кроме того, лишь немногие лаборатории способны обеспечить необходимые рабочие циклы, и то только с ограниченной точностью, в связи с чем, нет соответствующего согласования результатов прямых и косвенных испытаний, в результате чего могут получиться ненадежные значения F_c , поэтому опыт (проведения испытаний) в данной области небольшой.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Выражение «трансформатор того же самого типа» означает, что ампер-витки подобны, независимо от отношения, и что материалы и геометрические распределения железного сердечника и вторичных обмоток идентичны.

6.3.5.206 Испытание на погрешность коэффициента трансформации для защитных трансформаторов тока класса PX и PXR

Для класса РХ и класс PXR, погрешность коэффициента трансформации необходимо определять в соответствии с Приложением 2F.

Испытание можно заменить, выполняя измерение погрешности коэффициента трансформации с присоединённой нагрузкой ноль-Ом, по соглашению между изготовителем и покупателем.

Погрешность коэффициента трансформации не должна превышать пределы, указанные в 5.6.202.4.

6.3.201 Определение сопротивления вторичной обмотки (R_{ct})

Сопротивление вторичной обмотки (R_{ct}) должно быть измерено для трансформаторов тока следующих классов, чтобы доказать соответствие соответствующим пунктам:

класс PR: пункты 5.6.202.3.7 и 6.13.202.4

(если задан параметр);

класс PX, PXR: пункты 5.6.202.4 и 6.13.202.5;

класс TPX, TPY, TPZ: пункт 6.13.202.6.

Необходимо внести соответствующую поправку, чтобы результат соответствовал 75°C или другой температуре, которая может быть задана.

Для классов PR, PX и PXR, полученное значение, скорректированное на 75 °C, не должно превышать заданный верхний предел (при наличии такого).

СТ РК IEC 61869-2-2013

6.3.202 Определение постоянной времени вторичной петли (T_s)

Постоянная времени вторичной петли (T_s), должна быть определена в трансформаторах тока со следующими классами, чтобы доказать соответствие соответствующим пунктам:

- класса PR: пункт 5.6.202.3.6 (если задан параметр);
- класс TPY: пункт 5.6.202.5.3.

Измеренное значение не должно отличаться от любого заданного значения больше, чем на $\pm 30\%$.

Для определения T_s должна использоваться следующая формула (Определение L_m см. в 2B.2):

$$T_s = \frac{L_m}{(R_a + R_b)}$$

В случаях, где нагрузка определена как номинальная мощность, заданная в ВА, R_b берётся равным резистивной части нагрузки.

Альтернативно, T_s может определить следующей формулой:

$$T_s = \frac{1}{2\pi \int_R \times \tan(\Delta\phi)}$$

Если смещение фазы $\Delta\phi$ выражено в минутах, то можно применить следующую приблизительную формулу:

$$T_s [c] = \frac{3438}{2\pi \int_R \times \Delta\phi [\text{мин}]}$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Метод, использующий $\Delta\phi$, может вызвать трудности для трансформаторов тока с высоким коэффициентом трансформации и маленьким смещением фазы из-за неопределённости измерения маленького смещения фазы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для сердечников класса TPZ нет необходимости явно указывать T_s . Проверка требования точности $\Delta\phi = (180 \pm 18)$ мин осуществляется как стандартное испытание. В данном случае T_s даётся вышеупомянутой формулой.

6.3.203 Испытание на номинальную ЭДС точки загиба (E_k) и ток возбуждения при E_k

Необходимо проверить номинальную ЭДС точки загиба и измерить ток возбуждения, I_e при номинальной ЭДС точки загиба E_k для трансформаторов тока со следующими классами, чтобы доказать соответствие соответствуещему пункту:

- класс RX, RXR: пункт 5.6.202.4.

Подходящее синусоидальное напряжение возбуждения с номинальной частотой необходимо приложить к клеммам вторичной обмотки полной

обмотки трансформатора, при этом всем остальные клеммы должны быть разомкнуты, и измерить ток возбуждения.

Напряжение возбуждения необходимо измерить прибором, отклика которого пропорционален среднему значению выпрямленного сигнала, но калибранный в среднеквадратических значениях. Ток возбуждения необходимо измерить, используя прибор, измеряющий среднеквадратические значения, имеющий минимальный коэффициент амплитуды 3.

Характеристику возбуждения необходимо отобразить на графике до напряжения, равного $1.1 \times E_k$.

При напряжении, равном E_k , должно быть выполнено условие точки загиба согласно 3.4.215.

Ток возбуждения I_e при напряжении, равном E_k (или при любом заявленном проценте), не должен превышать заданный предел.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для трансформаторов тока с выбираемым коэффициентом трансформации, с вторичными обмотками, имеющими ответвления, можно вычислить характеристику возбуждения, за исключением максимального коэффициента трансформации. Для каждой точки измерения можно применить следующие формулы:

$$E_2 = E_1 \times \frac{k_{r2}}{k_{r1}}$$

$$I_{e2} = I_{e1} \times \frac{k_{r1}}{k_{r2}}$$

где, k_{r1} , k_{r2} - два номинальных коэффициента трансформации;

E_1 , E_2 - два соответствующих значения ЭДС вторичной обмотки;

I_{e1} , I_{e2} - два соответствующих значения тока возбуждения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Число точек измерения может быть согласовано между изготовителем и покупателем.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Обычно определяется фактическая ЭДС точки загиба, которая должна быть выше, чем номинальная ЭДС точки загиба E_k .

6.3.204 Испытание на межвитковое перенапряжение

Испытания должны быть выполнены, чтобы продемонстрировать соответствие 5.3.201.

Испытание на межвитковое перенапряжение необходимо выполнять при полной обмотке в соответствии с одной из следующих процедур. Если не согласовано иное, то выбор процедуры остаётся за изготовителем.

Процедура А: при разомкнутых вторичных обмотках (или вторичных обмотках, соединённых с высокомпедансным устройством, которое считывает амплитудное напряжение), практически синусоидальный ток при частоте между 40 Гц и 60 Гц и со среднеквадратическим значением, равным номинальному основному току (или номинальному увеличенному току

СТ РК IEC 61869-2-2013

первичной обмотки, если таковой задан), необходимо прикладывать в течение 60 с к основной обмотке.

Приложенный ток необходимо ограничить, если испытательное напряжение, указанное в 5.3.201, будет получено раньше, чем будет достигнут номинальный ток первичной обмотки (или номинальный увеличенный ток первичной обмотки).

Если испытательное напряжение, указанное в 5.3.201, не будет достигнуто при максимальном токе первичного контура, то полученное напряжение необходимо расценивать как испытательное напряжение.

Процедура В: при разомкнутой первичной обмотке, испытательное напряжение, указанное в 5.3.201 (при некоторой подходящей испытательной частоте), необходимо прикладывать в течение 60 с к клеммам каждой вторичной обмотки.

Среднеквадратическое значение тока вторичной обмотки не должно превышать номинальный ток вторичной обмотки (или соответствующее увеличенное значение, если таковое задано).

Испытательная частота должна быть выбрана так, чтобы достичь испытательного напряжения, но она не должна превышать 400 Гц.

Если испытательное напряжение, указанное в 5.3.201, не будет достигнуто при максимальном токе вторичной обмотки и максимальной испытательной частоте, то полученное напряжение должно расцениваться как испытательное напряжение.

Когда испытательная частота в два раза превышает номинальную частоту, продолжительность испытания t необходимо уменьшить, как указано ниже:

$$T = 120 \text{ s} \times \frac{f_R}{f_T}$$

где, f_R - номинальная частота;

f_T - испытательная частота;

при этом минимальное значение t составляет 15 с.

ПРИМЕЧАНИЕ Испытание на межвитковое перенапряжение не является испытанием, выполняемым с целью проверить пригодность трансформатора тока для работы с разомкнутой вторичной обмоткой. Трансформаторы тока не следует эксплуатировать с разомкнутой вторичной обмоткой из-за потенциально опасного перенапряжения и перегревания, которые могут произойти.

6.4 Специальные испытания

6.4.3 Измерение ёмкости и коэффициента диэлектрических потерь

Согласно IEC 61869-1 со следующим дополнением:

Испытательное напряжение необходимо приложить между разомкнутыми клеммами первичной обмотки и землей. В общем случае, разомкнутая вторичная обмотка (обмотки), любой экран, а также изолированный металлический кожух должны быть соединены с средством измерений. Если у трансформатора тока есть специальный клемма, подходящая для данного измерения, то другие низковольтные клеммы должны быть разомкнуты и вместе с металлическим кожухом присоединены к земле или экрану средства измерений.

Испытание необходимо выполнять, когда трансформатор тока находится при температуре окружающей среды, значение которой необходимо зарегистрировать.

6.4.6 Испытание до отказа при воздействии внутренней дуги

Согласно IEC 61869-1 с дополнением следующего примечания:

ПРИМЕЧАНИЕ Для масляных трансформаторов с верхним сердечником, зона, в которой происходит эксплуатационный отказ, во многих случаях расположена в верхней части главной изоляции. Для масляных трансформаторов тока с U-образной обмоткой, эта зона в общем случае расположена в нижней части главной изоляции.

6.5 Испытания на образцах

6.5.1 Определение коэффициента прямоугольности

Обычно в качестве испытания на образцах для каждой производственной серии, повторяется испытание типа, определённое в 7.2.6.206.

6.5.2 Определение коэффициента безопасности прибора (FS) измерительных трансформаторов тока

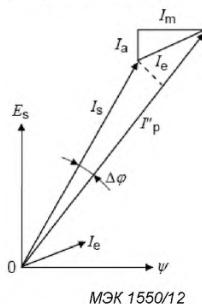
Обычно в качестве испытания на образцах для каждой производственной серии, повторяется определённое в 7.2.6.202 испытание типа с использованием косвенного метода.

Приложение 2А (обязательное)

Защитные трансформаторы тока классов P, PR

2A.1 Векторная диаграмма

Если рассматривается трансформатор тока, который, как предполагается, содержит только линейные электрические и магнитные составляющие в себе и в своей нагрузке, то при дополнительном предположении о синусоидальном токе первичного контура, все токи, напряжения и магнитные потоки будут синусоидальными, и эксплуатационные характеристики можно проиллюстрировать векторной диаграммой, как показано на Рисунке 2A.1.



МЭК 1550/12

Рисунок 2A.1 - Векторная диаграмма

На Рисунке 2A.1, величина I_s представляет собой ток вторичной обмотки, которая течёт через импеданс вторичной обмотки и нагрузку, которая определяет величину и направление необходимой индуцируемой ЭДС E_s и связанного потока вторичной обмотки ψ , который перпендикулярен вектору ЭДС. Данный поток поддерживается током возбуждения I_e , имеющим намагничивающую составляющую I_m , параллельную связанному потоку вторичной обмотки ψ , а составляющая потерь (или активная составляющая) I_a параллельна ЭДС. Векторная сумма тока вторичной обмотки I_s и тока возбуждения I_e – вектор I''_p , представляющий собой ток первичной обмотки, умноженный на фактический коэффициент трансформации по соотношению витков (отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки).

Для трансформатора тока с инверсией фактического коэффициента трансформации по числу витков, равной номинальному коэффициенту трансформации, разность в длинах векторов I_s и I''_p – погрешность коэффициента трансформации (ε) согласно определению 3.4.3, а разность углов $\Delta\varphi$ – смещение фазы согласно 3.4.4.

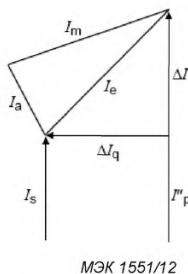
2A.2 Витковая коррекция

Если инверсия фактического коэффициента трансформации отличается от номинального коэффициента трансформации (обычно она меньше), то трансформатор тока имеет витковую коррекцию. При оценке эксплуатационных характеристик, необходимо различать I''_p , ток первичной обмотки, умноженный на фактический коэффициент трансформации по соотношению витков, и I'_p , ток первичной обмотки, делённый на номинальный коэффициент трансформации. Отсутствие витковой коррекции означает $I'_p = I''_p$. Если витковая коррекция присутствует, то I'_p отличается от I''_p , и, поскольку I''_p используется на векторной диаграмме, а I'_p используется для определения погрешности коэффициента трансформации (ε), то можно заметить, что витковая коррекция влияет на погрешность коэффициента трансформации (ε) (и может использоваться сознательно для данной цели). Однако, векторы I'_p и I''_p имеют одно и то же направление, в связи с чем, витковая коррекция никак не влияет на смещение фазы.

Также будет очевидно, что влияние витковой коррекции на полную погрешность меньше, чем её влияние на погрешность коэффициента трансформации (ε).

2A.3 Треугольник погрешностей

На Рисунке 2A.2, верхняя часть Рисунка 2A.1 показана в большем масштабе и с дополнительным предположением о том, что смещение фазы настолько мало, что для практических целей два вектора, I_s и I''_p , можно считать параллельными. Снова предположив отсутствие какой-либо витковой коррекции, проектируя I_e на I_p , заметим, что с хорошим приближением синфазная составляющая (ΔI) тока I_e может использоваться вместо арифметической разницы между I''_p и I_s для получения погрешности коэффициента трансформации (ε). Аналогично, квадратурная составляющая (ΔI_q) тока I_e может использоваться для выражения смещения фазы.



МЭК 1551/12

Рисунок 2A.2 - Треугольник погрешностей

При данных предположениях ток возбуждения I_e , делённый на I''_p , равен полной погрешности согласно 3.4.203.

Для трансформатора тока без витковой коррекции и в условиях, когда допустимо векторное представление, погрешность коэффициента трансформации (ε), смещение фазы и полная погрешность образуют прямоугольный треугольник.

В данном треугольнике гипотенуза, представляющая полную погрешность, зависит от величины полного импеданса нагрузки, состоящего из нагрузки и вторичной обмотки, в то время как отрезок между коэффициентом погрешности трансформации (ε) и смещением фазы зависит от коэффициентов мощности полного импеданса нагрузки и тока возбуждения. Нулевое смещение фазы получится, когда эти два коэффициента мощности будут равны, то есть когда I_s и I_e будут находиться в фазе.

2A.4 Полная погрешность

Применение понятия полной погрешности возникает в условиях, где векторное представление не может быть обосновано, потому что нелинейные условия вводят высшие гармоники в ток возбуждения и во вторичный ток (см. Рисунок 2A.3).

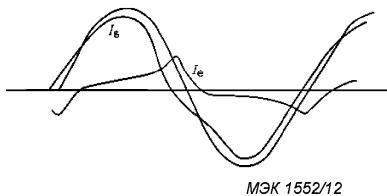


Рисунок 2A.3 - Типичные формы тока

Именно по данной причине полная погрешность определена согласно 3.4.203, а не намного более простым способом в качестве векторной суммы погрешности коэффициента трансформации (ε) и смещения фазы, как показано в Рисунке 2A.2.

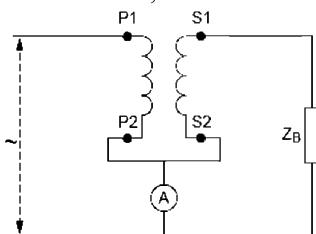
В общем случае полная погрешность также представляет собой отклонения от идеального трансформатора тока, вызванные присутствием во вторичной обмотке высших гармоник, которых нет в первичной обмотке (Ток первичной обмотки всегда считается синусоидальным в настоящем стандарте).

2A.5 Прямое испытание на полную погрешность

Стандартный метод заключается в том, чтобы записать и оцифровать форму сигнала тока первичной обмотки и тока вторичной обмотки, и вычислить полную погрешность, используя числовое интегрирование в соответствии с определением 3.4.203.

Однако в данном приложении описаны традиционные методы определения полной погрешности аналоговыми приборами.

На Рисунке 2A.4 показан трансформатор тока, имеющий коэффициент трансформации по соотношению витков 1:1, который соединён с источником (синусоидального) тока первичной обмотки, нагрузкой вторичной обмотки Z_B с линейными характеристиками и с амперметром так, что токи в первичной, и вторичной обмотки проходят через амперметр, но в противоположных направлениях. Результирующий ток через амперметр будет равен току возбуждения в преобладающих условиях синусоидального тока первичной обмотки, а среднеквадратическое значение данного тока, связанное со среднеквадратическим значением тока первичной обмотки, есть полная погрешность согласно 3.4.203; соотношение выражается в процентах.

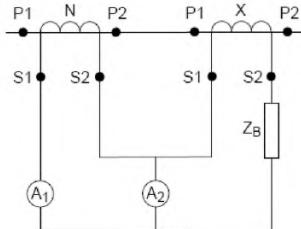


МЭК 1553/12

Рисунок 2A.4 - Основной контур для трансформатора тока 1:1

2A.4, следовательно, представляет основной контур для прямого измерения полной погрешности.

Рисунок 2A.5 представляет основной контур для прямого измерения полной погрешности для трансформаторов тока, имеющих номинальные коэффициенты трансформации, отличающиеся от единицы. На Рисунке 2A.5 показаны два трансформатора тока одного и того же номинального коэффициента трансформации. Предполагается, что у трансформатора тока, отмеченного буквой N, имеется незначительная полная погрешность при преобладающих условиях (минимальная нагрузка), в то время как испытываемый трансформатор тока, отмеченный буквой X, соединён со своей номинальной нагрузкой.



МЭК 1554/12

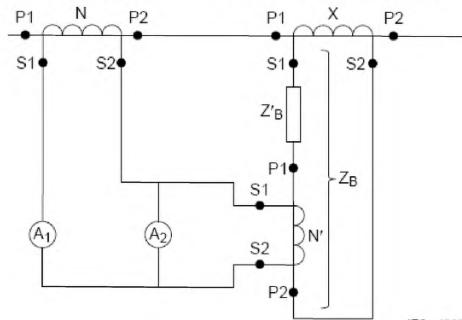
Рисунок 2А.5 - Основной контур для трансформатора тока с произвольным коэффициентом трансформации

Оба трансформатораются из одного и того же источника синусоидального тока первичной обмотки, а амперметр присоединён так, чтобы измерять разность между двумя токами вторичной обмотки. В данных условиях среднеквадратическое значение тока в амперметре A_2 , связанное со среднеквадратическим значением тока в амперметре A_1 – полная погрешность трансформатора X ; соотношение выражается в процентах.

Для данного метода необходимо, чтобы полная погрешность трансформатора N была действительно незначительна в условиях использования. Недостаточно, чтобы у трансформатора N была известная полная погрешность, поскольку, из-за чрезвычайно сложной природы полной погрешности (искаженная форма волны), никакую полную погрешность эталонного трансформатора N нельзя использовать для корректировки результатов испытания.

2А.6 Альтернативный метод прямого измерения полной погрешности

Для измерения полной погрешности можно использовать альтернативные средства, и один метод показан на Рисунке 2А.6.



IEC 1555/12

Рисунок 2А.6 - Альтернативный испытательный контур

Метод, показанный на Рисунке 2А.5, требует «специального» эталонного трансформатора N того же самого номинального коэффициента трансформации, что и у трансформатора X, и имеющего незначительную полную погрешность при токе первичной обмотки предельной точности. В то же время метод, показанный в Рисунке 2А.6, позволяет использовать стандартные эталонные трансформаторы тока N и N' при их номинальных токах первичной обмотки или близких к ним значениях, чтобы эти эталонные трансформаторы имели незначительные полные погрешности, но (в данном случае) требование легче удовлетворить.

На Рисунке 2А.6, X – испытываемый трансформатор. N – стандартный эталонный трансформатор с номинальным током первичной обмотки того же самого порядка величины, что и номинальный ток первичной обмотки предельной точности трансформатора X (ток, при котором необходимо выполнять испытание). N' – стандартный эталонный трансформатор, имеющий номинальный ток первичной обмотки порядка величины тока вторичной обмотки, соответствующего номинальному току первичной обмотки предельной точности трансформатора X. Трансформатор N' составляет часть нагрузки Z_B трансформатора X, его, следовательно, необходимо учитывать при определении значения нагрузке Z_B . A₁ и A₂ – два амперметра, и необходимо позаботиться о том, чтобы A₂ измерял разность между токами вторичных обмоток трансформаторов N и N'.

Если номинальный коэффициент трансформации трансформатора N – k_r , трансформатора X – k_{rx} , а трансформатора N' – k'_r , то коэффициент трансформации k_r должен быть равен произведению k'_r и k_{rx} :

$$k_r = k'_r \times k_{rx}$$

В данных условиях среднеквадратическое значение тока в амперметре A₂, связанного с током в амперметре A₁, является полной погрешностью трансформатора X; соотношение выражается в процентах.

ПРИМЕЧАНИЕ При использовании методов, показанных на Рисунке 2А.5 и Рисунке 2А.6, следует позаботиться о том, чтобы использовать для A₂ низкоимпедансный прибор, поскольку напряжение на концах этого амперметра (делённое на коэффициент трансформатора N' в случае Рисунка 2А.6) составляет часть напряжения нагрузки трансформатора X и имеет тенденцию уменьшать нагрузку на данном трансформаторе. Аналогично, данное напряжение амперметра увеличивает нагрузку на трансформаторе N.

2А.7 Использование полной погрешности

Числовое значение полной погрешности никогда не будет меньше векторной суммы погрешности коэффициента трансформации (ε) и смещения фазы (когда последнее выражено в сантирадианаах).

Следовательно, полная погрешность всегда указывает наибольшее возможное значение погрешности коэффициента трансформации (ε) или смещения фазы.

СТ РК IEC 61869-2-2013

Погрешность коэффициента трансформации (ε) представляет особый интерес для работы реле максимального тока, а смещение фазы – для работы фазочувствительных реле (например, направленных реле).

В случае дифференциальных реле необходимо учитывать комбинацию полных погрешностей задействованных трансформаторов тока.

Дополнительное преимущество ограничения полной погрешности – получающееся ограничение гармонической составляющей тока вторичной обмотки, которое необходимо для правильной работы определенных типов реле.

Приложение 2В
(обязательное)

**Классы защитных трансформаторов тока для переходных
характеристик**

**2В.1 Основные теоретические расчеты для задания размеров
переходных характеристик**

2В.1.1 Короткое замыкание

Следующие расчеты относятся к рабочему циклу С-О. Рабочие циклы С-О-С-О рассматриваются в 2В.1.3.

Общее выражение для мгновенного значения тока короткого замыкания можно определить следующим образом:

$$i_k(t) = \sqrt{2} I_{psc} [e^{-t/T_p} \cos(\gamma - \varphi) - \cos(\omega t + \gamma - \varphi)] \quad (2B.)$$

где,

I_{psc}

- среднеквадратическое значение симметричного тока короткого замыкания первичной обмотки $I_{psc} = K_{ssc} \times I_{pr}$;

$$T_p = \frac{L_p}{R_p}$$

- постоянная времени первичной обмотки;

γ

- угол переключения или короткого замыкания

$$\varphi = \arctan \frac{X_p}{R_p} = \arctan(\omega T_p)$$

- фазовый угол импеданса короткого замыкания системы;

ω

- угловая частота $2\pi f_R$;

когда эквивалентный источник напряжения при коротком замыкании с R_p и X_p равен

$$u(t) = -U_{max} \cos(\omega t + \gamma) \quad (2B.2)$$

Для упрощения, угол короткого замыкания и угол импеданса системы можно суммировать до одного единственного угла, что делает вычисление легче для понимания с математической точки зрения

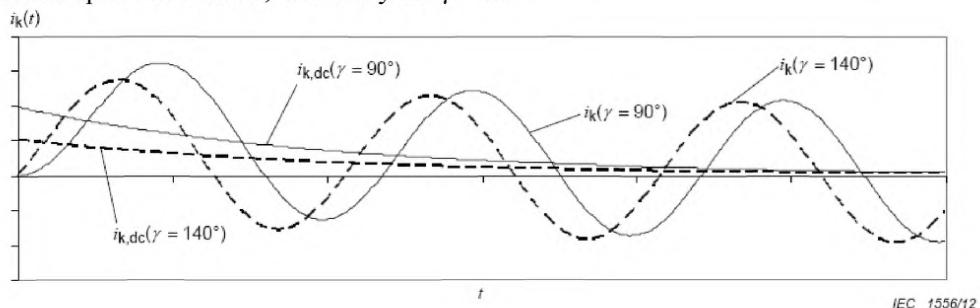
$$\theta = \gamma - \omega \quad (2B.3)$$

$$i_k(t) = \sqrt{2} I_{psc} [e^{-t/T_p} \cos(\theta) - \cos(\omega t + \theta)] \quad (2B.4)$$

Оба угла, θ и γ , описывают вероятность изменения угла короткого замыкания, и, следовательно, их можно применять альтернативно, по обстоятельствам, но в соответствии с их определением.

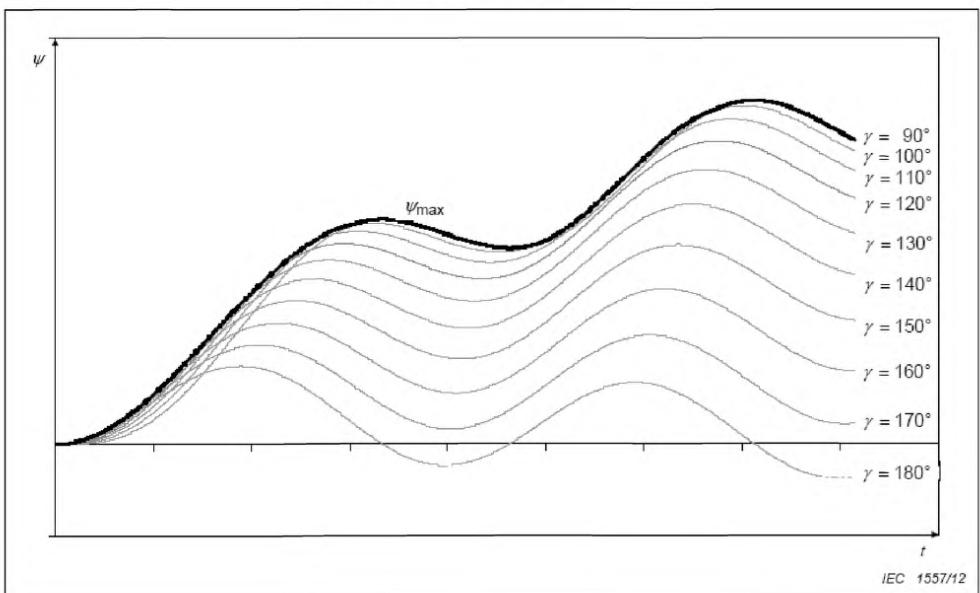
СТ РК IEC 61869-2-2013

На Рисунке 2В.1 показаны два типичных тока короткого замыкания первичной обмотки. Первый ток возникает с углом короткого замыкания $\gamma = 90^\circ$, что приводит к самому высокому амплитудному току и самому высокому пику связанных потоков вторичной обмотки в течение длительного времени t'_{al} (Рисунок 2В.2), тогда как второй ток возникает с $\gamma = 140^\circ$, что приводит к меньшей асимметрии. Такие случаи, как последний, важны для коротких периодов t'_{al} , потому что во время первой половины цикла, ток и поток временно выше, чем в случае $\gamma = 90^\circ$.



IEC 1556/12

Рисунок 2В.1 - Ток короткого замыкания для двух разных углов короткого замыкания



МЭК 1557/12

Рисунок 2В.2 - $\psi_{max}(t)$ как кривая самых высоких значений потока, учитывающая все подходящие углы короткого замыкания γ

Возможный уменьшенный диапазон угла короткого замыкания можно использовать для определения уменьшенной асимметрии, которая может привести к уменьшенному коэффициенту K_{td} в некоторых особых случаях.

ПРИМЕЧАНИЕ Возможность ограничения угла тока не охвачена настоящим стандартом, в соответствии с ИЕС 61869-100.

2B.1.2 Переходный размерный коэффициент K_{td}

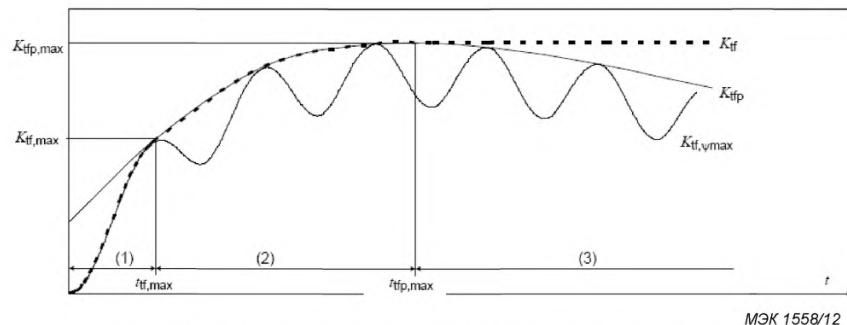
Переходный размерный коэффициент K_{td} – конечный параметр для задания размеров сердечника; он указан на табличке с техническими данными, который можно вычислить из разных функций переходного коэффициента K_{tf} , по формулам, указанным ниже и согласно Рисунку 2B.3.

В некоторых случаях, система защиты может потребовать значения t'_{al} , которое не является постоянным и зависит от различных параметров тока короткого замыкания, в связи с чем, переходный размерный коэффициент K_{td} также может быть получен из испытаний типа на стабильность реле и задан изготовителем системы защиты.

Переходный коэффициент K_{tf} , заданный в данном разделе, получен из дифференциального уравнения эквивалентного контура с постоянной индуктивностью сердечника трансформатора тока, с омической нагрузкой и без учёта прямоугольности. В данном приложении решения дифференциального уравнения даны или как диаграммы кривых, или как упрощенные формулы.

ПРИМЕЧАНИЕ Дифференциальное уравнение и точное решение приведены в ИЕС 61869-100 TR.

Коэффициент K_{tf} и связанный поток вторичной обмотки аналогичным образом зависят от времени и, в итоге, от времени до предела точности t'_{al} , требуемого системой защиты. При вычислении с линейной индуктивностью решение действительно только до первого насыщения трансформатора тока.



МЭК 1558/12

Рисунок 2B.3 - Соответствующие временные диапазоны для вычисления переходного коэффициента

Кривая $K_{tf,\psi\max}$ на Рисунке 2B.3 построена следующим образом:

Для каждого момента времени кривой ψ_{\max} (Рисунок 2B.2) значение K_{tf} вычисляется в соответствии с его определением 3.4.233. $K_{tf,p}$ – соответствующая огибающая кривая. Необходимо различать три диапазона, определённые тремя функциями K_{tf} :

Диапазон 1: $0 \leq t_{al} < t_{tf,max}$.

В первом временном диапазоне, кривая K_{tf} следует за кривой $K_{tf,\psi\max}$.

Диапазон времени начинается в момент времени ноль и заканчивается, когда кривая $K_{tf,\psi\max}$ касается своей огибающей кривой пиков $K_{tf,p}$ в момент времени

$$t_{tf,max} = \frac{\pi - \varphi}{\omega} \quad (2B.5)$$

Формула (2B.5) упрощается при $\gamma = 90^\circ$ из более общей формулы, что подходит для практического применения.

В пределах вышеуказанного временного диапазона, $K_{tf,\psi\max}$ учитывает угол переключения $\theta(t'_{al})$ в наихудших условиях, который приводит к самому сильному потоку в момент времени до предела точности t'_{al} . На Рисунках 2B.4 - 2B.6 показаны кривые зависимости K_{tf} от постоянной времени первичной обмотки T_p для различных значений t'_{al} . При вычислении была выбрана большая постоянная времени вторичной обмотки T_s . Более низкие значения T_s приводят к несколько более низким значениям K_{tf} .

ПРИМЕЧАНИЕ Больше кривых дано в IEC 61869-100 TR.

Рисунок 2B.4 -
Определение K_{tf} во
временном диапазоне 1 при
50 Гц для $T_s = 1,8$ с

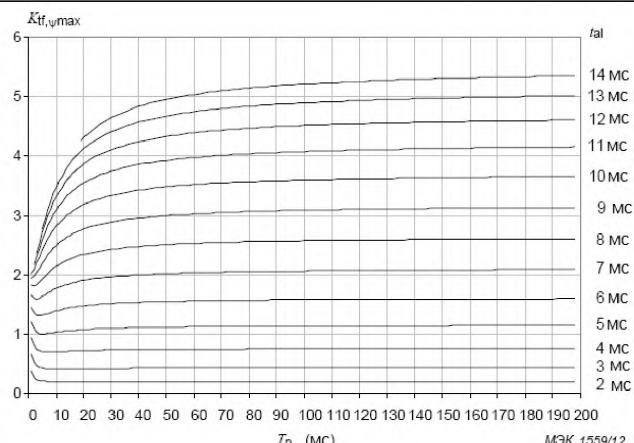


Рисунок 2B.5 -
Определение K_{tf} во
временном диапазоне 1 при
60 Гц для $T_s = 1,5$ с

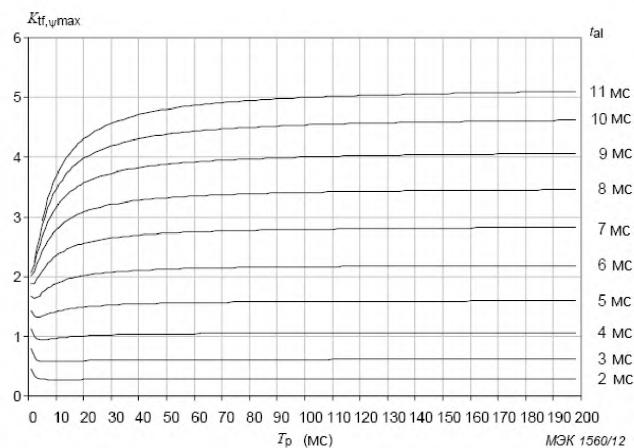
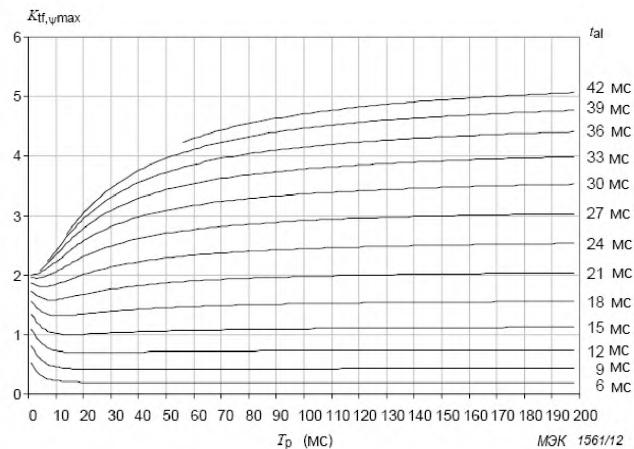


Рисунок 2B.6 -
Определение K_{tf} во
временном диапазоне 1 при
16,7 Гц для $T_s = 5,5$ с



Диапазон 2: $t_{tf,max} \leq t_{al} < t_{tfp,max}$

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

Во втором временном диапазоне, кривая K_{tf} следует за огибающей кривой K_{tfp} для $\gamma = 90^\circ$, что приводит к самому высокому пиковому току, поэтому $\theta = 90^\circ - \varphi$

$$K_{tfp} = \frac{\omega T_s T_p}{T_p - T_s} \cos(\theta) \left(e^{-t_{al}/T_p} - e^{-t_{al}/T_s} \right) + \sin(\theta) e^{-t_{al}/T_s} + 1 \quad (2B.6)$$

Диапазон времени заканчивается в максимуме кривой K_{tfp} в момент

$$t_{tfp,max} = \text{In} \frac{\frac{T_p}{T_s} \cos(\theta) + \frac{T_s - T_p}{\omega T_s^2} \sin(\theta)}{\cos(\theta)} \quad (2B.7)$$

Диапазон 3: $t_{tfp,max} \leq t_{al}$

В третьем временном диапазоне K_{tf} принимает постоянное значение $K_{tfp,max}$, данное в Формуле (2B.8), которое определяется как максимальное значение кривой K_{tfp} .

$$K_{tfp,max} = \left(\omega T_p \cos(\theta) + \frac{T_p + T_s}{T_s} \sin(\theta) \right) \times \left[\frac{\frac{T_p}{T_s} \cos(\theta) + \frac{T_s - T_p}{\omega T_s^2} \sin(\theta)}{\cos(\theta)} \right]^{\frac{T_p}{T_s - T_p}} + 1 \quad (2B.8)$$

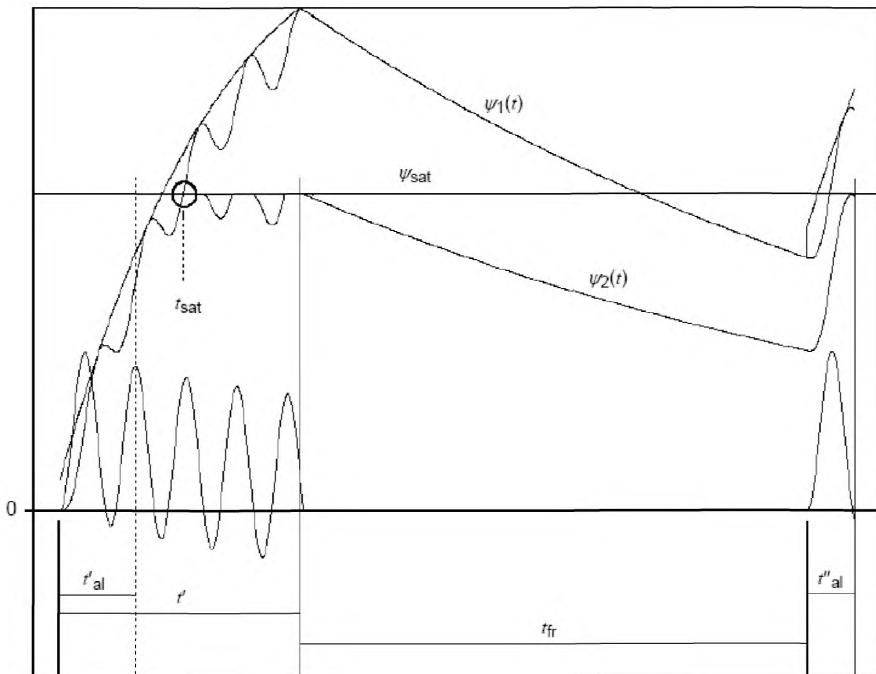
2B.1.3 Рабочие циклы С-О-С-О

Задание переходных параметров для рабочих циклов автозакрытия необходимо выполнять отдельно для каждого цикла согласно вышеупомянутым формулам.

Для сердечников, имеющих большую постоянную времени вторичной обмотки (сердечники ТРХ), нет никакого значительного спада потока после t'

$$K_{td(C-O-C-O)} = K_{td}(t') + K_{td}(t''_{al}) \quad (2B.9)$$

Для сердечников, имеющих маленькую постоянную времени вторичной обмотки (сердечники ТРУ и ТРЗ), связанный поток вторичной обмотки экспоненциально уменьшается с постоянной времени вторичной обмотки T_s в течение времени повторения ошибки t_{fr} . В данном случае нет никакой аналитической формулы для аргумента времени t в члене для первого цикла, и могут потребоваться разграничения нескольких случаев.



МЭК 1562/12

Рисунок 2B.7 - Ограничение магнитного потока посредством учёта насыщения сердечника

На Рисунке 2B.7 показан типичный случай, где насыщение достигается после t'_al . Поток ($\psi_2(t)$) ограничен потоком насыщения (ψ_{sat}) до того, как будет достигнуто значение t' . В момент времени t_{fr} он достигает значения, которое является достаточно низким, чтобы оставаться ниже насыщения вплоть до t''_al . Игнорируя насыщение (отсекаемое кривой $\psi_1(t)$), уменьшенный поток начинается с более высокого уровня в начале второго цикла. Данный пример демонстрирует взаимозависимость между основным заданием параметров сердечника в первом и во втором цикле, и определением K_{td} .

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Формула цикла С-О-С-О (см. IEC 60044-6) игнорирует насыщение в рамках первого цикла и во многих случаях приводит к излишне высоким значениям K_{td} (см. Рисунок 2B.7).

Поэтому рекомендуется начертить график, подобный графику на Рисунке 2B.7. Формула (2B.1) даёт верхний предел для K_{td} :

$$K_{\text{td},(\text{C-O-C-O})\text{max}} = \max\{K_{\text{td}}(t'_\text{al}), K_{\text{td}}(t') e^{-(t_{\text{fr}} + t''_\text{al})/T_s} + K_{\text{td}}(t''_\text{al})\} \quad (2B.1)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В IEC 61869-100 TR даны методы вычисления, которые можно использовать для определения значения K_{td} .

2B.2 Измерение характеристики намагничивания сердечника

2B.2.1 Общие положения

Измерение характеристик намагничивания сердечника подразумевает следующее:

- измерение индуктивности намагничивания L_m ;
- измерение коэффициента прямоугольности K_R ;
- определение погрешности при предельных условиях, используя косвенный метод,

Что основано на следующем соотношении. Если произвольное напряжение $u(t)$ приложено к клеммам вторичной обмотки (см. Рисунок 2B.8), то поток $\psi(t)$, связанный через вторичную обмотку в момент времени t , соотносится с этим напряжением следующим образом:

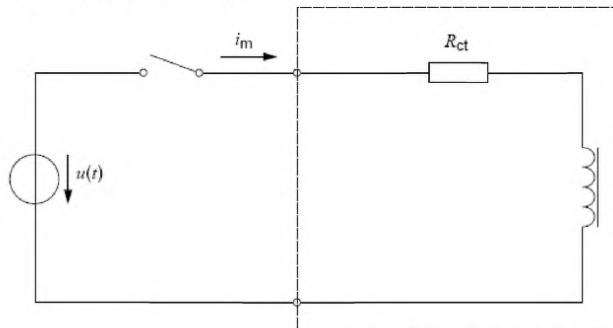
$$\psi(t) = \int_0^t (u(t) - R_{ct} \times i_m(t)) dt \quad (2B.11)$$

где, i_m - мгновенное значение тока намагничивания.

ПРИМЕЧАНИЕ Поскольку термин «ток возбуждения» зарезервирован за среднеквадратическим значением, использующим величины переменного тока (см. 3.3.207), то i_m и термин «ток намагничивания» используются для мгновенных значений в методе постоянного тока и методе конденсаторного разряда.

Данное соотношение используется в методах, описанных в следующих разделах.

Необходимо оценить эффект падения напряжения на концах сопротивления вторичной обмотки. Если данное падение превышает 2 %, то его необходимо выводить из измеренного напряжения.



МЭК 1563/12

Рисунок 2B.8 - Основной контур

Для трансформаторов тока ТРХ необходимо размагничивать сердечник перед каждым испытанием, из-за высокого коэффициента прямоугольности. Для трансформаторов тока ТРУ остаточный поток часто настолько низок, что

им можно пренебречь. Размагничивание требует дополнительных средств, посредством которых сердечник можно подвергнуть воздействию медленно уменьшающихся петель гистерезиса, начинаяющихся с насыщения. Когда необходимо использовать метод испытания постоянного тока, обычно должен быть обеспечен источник постоянного тока.

Можно применить любой из этих трёх методов (метод переменного тока, метод постоянного тока, метод конденсаторного разряда).

2B.2.2 Метод переменного тока

2B.2.2.1 Определение индуктивности намагничивания L_m

Практически синусоидальное напряжение переменного тока прикладывается к клеммам вторичной обмотки, и измеряется соответствующее значение тока возбуждения. Испытание можно выполнить при уменьшенной частоте f' , чтобы избежать недопустимого наложения напряжения обмотки и клемм вторичной обмотки. Вероятность того, что эффекты чрезмерных токовых хревых потерь в токах сердечника и ёмкостных токах между слоями обмотки вызовут ложные показания при более низких частотах, меньше. Результат необходимо отобразить как кривую насыщения.

Напряжение возбуждения необходимо измерить прибором, отклик которого пропорционален среднему значению выпрямленного сигнала, но калиброванным в среднеквадратических значениях. Ток возбуждения необходимо измерять, используя прибор, измеряющий амплитуды.

Амплитудное значение вторичного связанного потока ψ можно получить из измеренного среднеквадратического значения приложенного напряжения U при частоте f' следующим образом:

$$\hat{\psi} = \frac{\sqrt{2U}}{2\pi f'}$$

Соответственно, напряжение насыщения, U_{sat} соотносится с потоком насыщения ψ следующим образом:

$$\hat{\psi}_{sat} = \frac{\sqrt{2U_{sat}}}{2\pi f'}$$

ПРИМЕЧАНИЕ 201 Значение U_{sat} необходимо оценить как значение напряжения там, где кривая практически горизонтальна. Влияние недостоверности в определении U_{sat} на L_m практически незначительно.

Рассматривая данный расчет, кривая дает требуемые соотношения между амплитудным значением тока возбуждения и амплитудным значением связанного потока вторичной обмотки ψ . Индуктивность намагничивания L_m определяется как средний наклон данной кривой между 20 % и 70 % потока насыщения ψ_{sat} , которая вычисляется следующим образом:

$$L_m = \frac{0,5 \times U_{sat} \times \sqrt{2}}{(\hat{I}_{70} - \hat{I}_{20}) \times 2\pi f}$$

где, \hat{I}_{20} - амплитудное значение тока возбуждения при 20 % U_{sat} ;
 \hat{I}_{70} - амплитудное значение тока возбуждения при 70 % U_{sat} .

ПРИМЕЧАНИЕ 202 Данная формула слегка отличается от формулы, данной в ИЕС 60044-6 (В4) из-за улучшенного определения насыщения.

2B.2.2.2 Определение погрешности в предельных условиях

Необходимо использовать испытательный комплект оборудования согласно 2B.2.2.1.

Напряжение должно быть увеличено до напряжения, равного E_{al} , заданного следующим образом:

$$E_{al} = K_{SSC} \times K_{td} \times (R_{ct} + R_b) \times I_{sr}$$

соответствующий ток возбуждения \hat{I}_{al} не должен превышать следующие пределы:

Для классов TPX и TPY: $\hat{I}_{al} \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{SSC} \times \hat{\varepsilon}$

Для класса TPZ: $\hat{I}_{al} \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{SSC} \times \left(\frac{K_{td} - 1}{2\pi f_R \cdot T_s} \right) + \hat{\varepsilon}_{ac}$

ПРИМЕЧАНИЕ Для трансформаторов тока TPZ, точность задана только для переменной составляющей, в то время как в определении допустимого значения I_{al} во время косвенных испытаний также необходимо учесть постоянную составляющую тока возбуждения. В вышеприведённой формуле постоянная составляющая представлена членом ($K_{td} - 1$).

2B.2.2.3 Определение коэффициента прямоугольности K_R

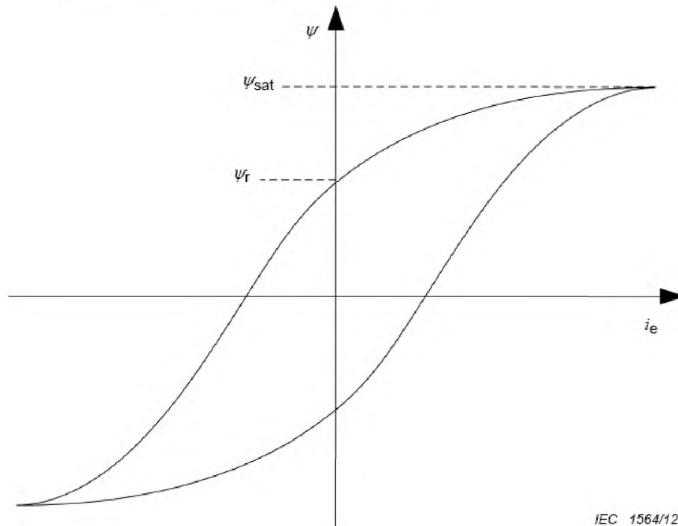
В отличие от 2B.2.2.1 и 2B.2.2.2, должны быть обнаружены формы сигналов переменного тока.

При определении коэффициента прямоугольности K_R методом переменного тока необходимо проинтегрировать напряжение возбуждения согласно Формуле (1), данному в 2B.2.1. Интегрированное напряжение с соответствующим током i_e покажет петлю гистерезиса, демонстрирующую поток насыщения ψ_{sat} . Считается, что значение связанного потока вторичной обмотки в точке перехода тока через ноль представляет остаточный поток ψ_r (см. Рисунок 2B.9). Коэффициент прямоугольности K_R в таком случае вычисляется следующим образом:

$$K_R = \frac{\psi_r}{\psi_{sat}} \quad (2B.12)$$

При более низких частотах вероятность того, что эффекты чрезмерных токовихревых потерь в токах сердечника и ёмкостных токах между слоями обмотки вызовут ложные показания при более низких частотах, меньше.

ПРИМЕЧАНИЕ Значение ψ_{sat} необходимо оценить как значение потока вторичной обмотки там, где кривая практически горизонтальна.



IEC 1564/12

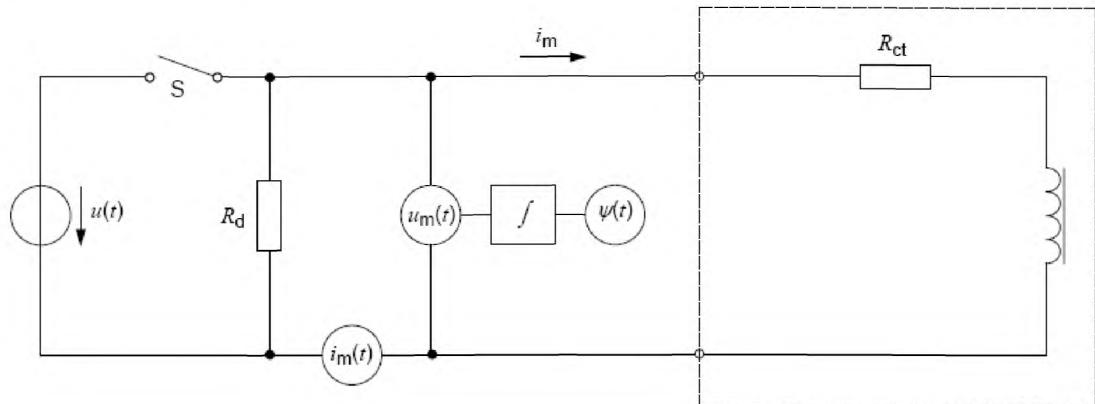
МЭК 1564/12

Рисунок 2B.9 - Определение коэффициента прямоугольности по петле гистерезиса

2B.2.3 Метод постоянного тока

2B.2.3.1 Общие положения

Метод насыщения постоянным током использует напряжение постоянного тока $u(t)$ такой продолжительности, что достигается поток насыщения. Измерение потока производится согласно Формуле (2B.11), данному в 2B.2.1, где $u(t)$ – напряжение на клеммах (см. Рисунок 2B.10).



МЭК 1565/12

Рисунок 2В.10 - Контур для метода постоянного тока

Источник прикладываемого напряжения должен быть подходящим для того, чтобы ввести трансформатор тока в состояние насыщения.

Разрядный резистор R_d должен быть присоединён; в противном случае индуктивность намагничивания сердечника может вызвать очень высокое перенапряжение, когда выключатель S будет разомкнут, а индуктивный ток прерван.

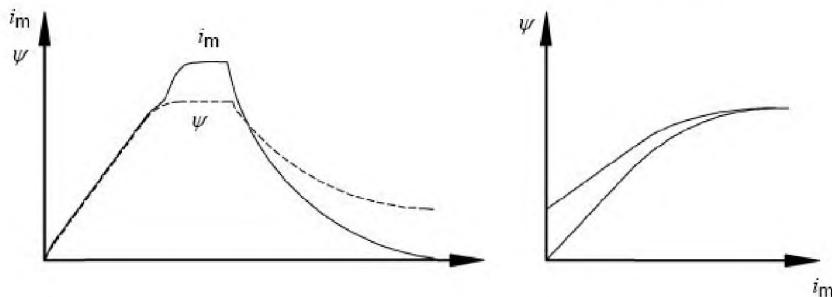
2B.2.3.2 Определение коэффициента прямоугольности K_R

Необходимо использовать испытательный контур в соответствии с 2B.2.3.1.

Считается, что спустя некоторое время после замыкания выключателя S ток намагничивания достигает максимального значения (i_m), при котором связанный поток вторичной обмотки останется постоянным. Прежде, чем достичь постоянной величины, кривая i_m должна продемонстрировать значительное увеличение градиента, указывающее на насыщение. Источник постоянного тока должен быть способен ввести сердечник трансформатора в состояние насыщения, не влияя на результаты испытаний из-за своих ограничений. Данное условие выполнено, если связанный поток вторичной обмотки достигает устойчивого значения раньше, чем ток намагничивания.

Возрастающие значения тока намагничивания и потока необходимо регистрировать до того момента времени, при котором значения становятся постоянными; затем выключатель S размыкается.

Типичные испытательные записи потока ψ и тока намагничивания i_m показаны на Рисунке 2B.11.



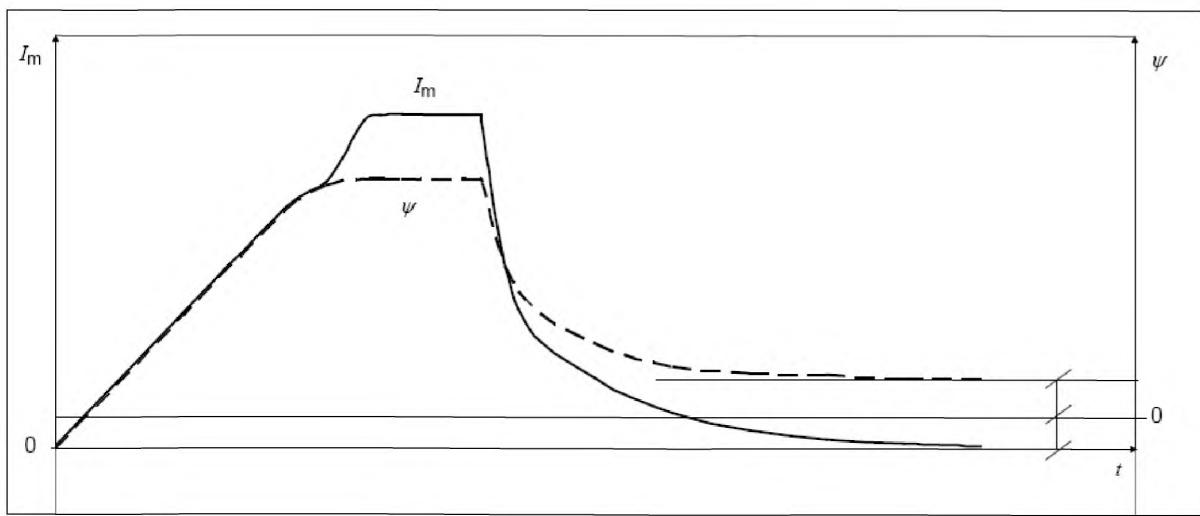
МЭК 1566/12

Рисунок 2В.11 - Диаграммы зависимости амплитуды от времени и потока от тока

При размыкании выключателя S , уменьшающийся ток течёт через вторичную обмотку и разрядный резистор R_d . Значение соответствующего потока уменьшается, но может не упасть до ноля.

После того, как был выбран ток намагничивания i_m , подходящий для достижения потока насыщения ψ_{sat} , значение остаточного потока при нулевом токе должно считаться остаточным магнитным потоком ψ_r .

Для трансформатора тока, сердечник которого не был размагнчен ранее, поток насыщения и остаточный поток можно определить дополнительным испытанием, в котором вторичные клеммы поменяны местами. Кривая связанного потока вторичной обмотки, полученная таким образом, содержит смещение половины явно измеренного значения остаточного потока, в связи с чем, нулевую линию необходимо соответственно сдвинуть, что приведёт к скорректированным значениям потока насыщения и остаточного потока (см. Рисунок 2В.12).



МЭК 1567/12

Рисунок 2В.12 - Записывание со сдвинутой нулевой линией потока

СТ РК IEC 61869-2-2013

Коэффициент прямоугольности K_R определяется следующим образом:

$$K_R = \frac{\psi_r}{\psi_{sat}}$$

2B.2.3.3 Определение индуктивности намагничивания L_m

Необходимо использовать процедуру испытания 2B.2.3.2.

Индуктивность намагничивания (L_m) можно получить по следующей формуле:

$$L_m = \frac{0,5 \times \psi_{sat}}{i_{70} - i_{20}}$$

где, i_{20} - амплитудное значение тока намагничивания при 20 % ψ_{sat} ;
 i_{70} - амплитудное значение тока намагничивания при 70 % ψ_{sat} .

ПРИМЕЧАНИЕ Данная формула слегка отличается от формулы, данной в предыдущем стандарте IEC 60044-6 (В4) из-за улучшенного определения насыщения.

2B.2.3.4 Определение погрешности в предельных условиях

Необходимо использовать испытательный контур в соответствии с 2B.2.3.1.

Для определения погрешности в предельных условиях ток намагничивания i_m при связанном потоке вторичной обмотки ψ_{al} необходимо измерять, увеличивая ток.

Величина ψ_{al} приведена следующей формулой:

$$\Psi_{al} = \frac{\sqrt{2} \times E_{al}}{2\pi \int_R} = \frac{\sqrt{2} \times K_{td} \times K_{ssc} \times I_{sr} \times (R_b + R_{ct})}{2\pi \int_R}$$

Ток намагничивания i_m не должен превышать следующие пределы:

Для классов TPX и TPY: $i_m \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{ssr} \times \varepsilon$

$$i_m \leq \sqrt{2} \times I_{sr} \times K_{ssr} \times \left(\frac{K_{td} - 1}{2\pi \int_R \times T_s} + \hat{\varepsilon}_{ac} \right)$$

Для класса TPZ:

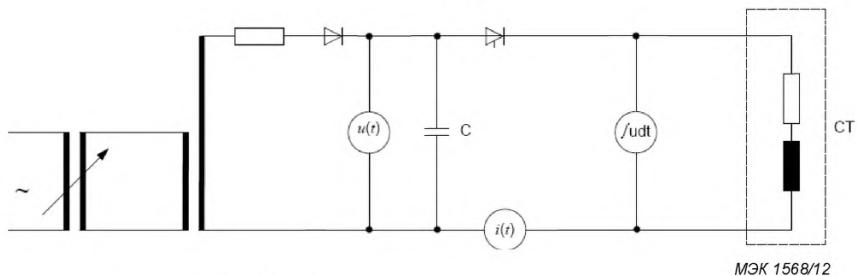
ПРИМЕЧАНИЕ Для трансформаторов тока TPZ, точность определена только для переменной составляющей, в то время как в определении допустимого значения i_m во время косвенных испытаний также необходимо учитывать постоянную составляющую тока возбуждения. В вышеприведённой формуле постоянная составляющая представлена членом ($K_{td} - 1$).

2B.2.4 Метод конденсаторного разряда

В методе конденсаторного разряда заряд конденсатора используется для возбуждения сердечника трансформатора тока от вторичной обмотки. Измерение тока выполняется согласно Формуле (1), данному в 2B.2.1, где $u(t)$ – напряжение на клеммах (см. Рисунок 2B.13).

Конденсатор разряжается с напряжением, достаточно высоким, чтобы сгенерировать соединённый связанный поток вторичной обмотки, равный потоку ψ_{al} , соответствующему E_{al} , или превышающий значение данного потока, см. Рисунок 2B.13 и Рисунок 2B.14

$$\Psi_{al} = \frac{\sqrt{2} \times E_{al}}{2\pi \int_R}$$



МЭК 1568/12

Рисунок 2B.13 - Контур для метода конденсаторного разряда

В момент времени, когда достигается ψ_{al} , необходимо измерить амплитудное значение вторичного тока возбуждения i_m ; оно не должно превышать амплитудное значение тока возбуждения вторичной обмотки \hat{i}_{al} .

Постоянная времени вторичной обмотки T_s должна быть определена путём приложения напряжения с интегралом напряжения-времени, соответствующим 90 % E_{al} . Измеряется соответствующий ток возбуждения i'_m , и постоянная времени вторичной обмотки вычисляется следующим образом:

$$T_s = \frac{\sqrt{2} \times 0,9 \times E_{al}}{2\pi \int_R \times (R_{ct} + R_b) \times i'_m}$$

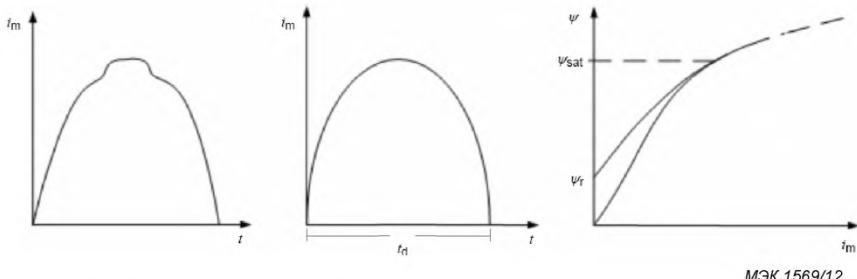
ПРИМЕЧАНИЕ Данное определение T_s не соответствует определению в вышеописанных методах постоянного тока и переменного тока.

При определении коэффициента прямоугольности K_R , интегрированное напряжение с соответствующим потоком определит петлю гистерезиса. Если ток возбуждения был таков, что поток насыщения достигнут, то считается,

что значение потока в точке перехода тока через ноль представляет собой остаточный поток ψ_r .

Коэффициент прямоугольности K_R определён следующим образом:

$$K_R = \frac{\psi_r}{\psi_{sat}}$$



МЭК 1569/12

Рисунок 2B.14 - Типичные записи для метода конденсаторного разряда

2B.3 Прямое испытание на определение погрешности в предельных условиях

2B.3.1 Общие положения

Мгновенный разностный ток можно измерять по-разному. Во всех случаях погрешности системы измерения не должны превышать 10 % предела погрешности, соответствующего классу испытываемого трансформатора тока во время всего рабочего цикла.

2B.3.2 Прямое испытание

Трансформаторы тока класса ТРХ необходимо размагничивать перед прямым испытанием из-за высокого коэффициента прямоугольности. Может понадобиться размагнитить трансформаторы тока класса ТРУ, если коэффициент прямоугольности K_R не является пренебрежимо малым.

Два прямых испытания необходимо выполнить при номинальной частоте и с номинальной нагрузкой вторичной обмотки:

а) номинальный ток короткого замыкания первичной обмотки при номинальной частоте прикладывается без какого-либо сдвига. Измеряется переменная составляющая мгновенной погрешности; она должна соответствовать теоретическому значению $1/\omega T_s$;

б) для того чтобы проверить, что трансформатор тока отвечает требованиям точности заданного рабочего цикла, необходимо выполнить следующее испытание:

Номинальный ток короткого замыкания первичной обмотки при номинальной частоте прикладывается с необходимым сдвигом. Для заданных значений постоянной времени первичной обмотки вплоть до 80 мс,

испытание выполняется при заданных предельных условиях точности (заданный рабочий цикл). Постоянная времени первичной обмотки не должна отклоняться больше, чем на 10 % от заданного значения.

Для заданных значений постоянной времени первичной обмотки свыше 80 мс, испытания могут быть выполнены в эквивалентных предельных условиях по точности (полученных модификацией рабочего цикла и/или нагрузки), по соглашению между изготовителем и покупателем.

Во время периода подачи питания, первый пик тока первичной обмотки должен быть не меньше значения, соответствующего заданным условиям.

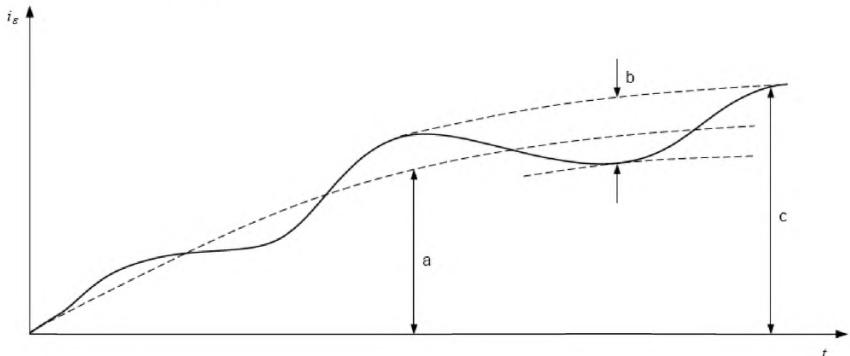
В лабораторной практике может быть трудным воспроизвести точную спецификацию рабочего цикла. В данном случае вычисленное значение K_{td} применённого рабочего цикла должно быть не меньше, чем вычисленное значение K_{td} заданного рабочего цикла. Для того чтобы выполнить это требование, можно отрегулировать продолжительность периода (периодов) подачи питания и/или вторичную нагрузку.

ПРИМЕЧАНИЕ Поскольку вычисление K_{td} основано на формулах для наихудших условий (Формула 6 в 2B.1.2 может дать значения K_{td} , которые на 30 % выше, чем требуется), трансформатор тока может удовлетворить требованиям рабочего цикла без достижения потока, соответствующего вычисленному значению K_{td} .

Для трансформаторов тока класса TPX и TPY, мгновенный разностный ток i_e измеряется как $i_e = i_s \times k_r - i$. Необходимо определить значение погрешности $\hat{\epsilon}$ согласно 3.4.222, значение не должно превышать предел, заданный в Таблице 206.

Для трансформаторов тока класса TPZ, переменная составляющая разностного тока измеряется как половина удвоенной амплитуды (см. Рисунок 2B.15). Необходимо определить значение погрешности $\hat{\epsilon}_{ac}$ согласно 3.4.223. Данное значение не должно превышать предел, заданный в Таблице 206.

ПРИМЕЧАНИЕ Возможно, что определение класса не будет содержать рабочий цикл. В данном случае, для целей испытания, рабочий цикл, приводящий к данному значению K_{td} , должен быть согласован между изготовителем и покупателем.



где,

$$a = \hat{i}_{\text{ac}}$$

$$b = 2\hat{i}_{\text{ac}}$$

$$c = \hat{i}_{\text{ac}} + \hat{i}_{\text{dc}}$$

для TPY: $\hat{i}_e = c$

$$\text{TPZ: } \hat{i}_e = \hat{i}_{\text{ac}} = \frac{b}{2}$$

Рисунок 2B.15 - Измерение разностных токов

Если необходимо определить реальное значение K_{td} трансформатора тока, то продолжительность периода подачи питания и/или вторичную нагрузку необходимо увеличить так, чтобы измеренный мгновенный разностный ток достиг предельного значения для рассматриваемого класса точности (Таблица 206). Для класса TPZ, для определения момента, в который достигнуто предельное значение переменной составляющей разностного тока, используется линейная интерполяция.

Связанный поток вторичной обмотки ψ_{dir} определяется следующим образом:

$$\Psi(t) = \frac{R_a + R_b}{R_b} \times \int_0^t R_b \times i_s(\ell) d\ell$$

где, t – момент времени достижения предела погрешности $\hat{\epsilon}$ или $\hat{\epsilon}_{\text{ac}}$.

Полный размерный коэффициент K_{td} трансформатора тока – отношение ψ_{dir} к амплитудному значению переменной составляющей ψ в установленных условиях. Эту переменную составляющую можно получить из измерения связанного потока вторичной обмотки в испытании (a); он должен быть связан с точным (теоретическим) значением тока короткого

замыкания $K_{ssc} \times I_{sr}$. Измерение необходимо выполнять, используя вышеупомянутую формулу.

Погрешность измерения потока не должна превышать 5 %.

2B.3.3 Определение коэффициента конструкции

Если соответствие требованиям к конструкции с низким реактивным сопротивлением рассеяния не может быть установлено к взаимному удовлетворению изготовителя и покупателя посредством ссылки на чертежи, то коэффициент конструкции F_c необходимо определить следующим образом.

Необходимо определить значения связанных потоков вторичной обмотки и в прямом, и в косвенном испытании, в обоих случаях для тока намагничивания в предельных условиях по точности. Если класс переходных характеристик задан альтернативным определением, то соответствующий рабочий цикл и нагрузку необходимо выбрать так, чтобы достичь заданного значения $K_{ssc} \times K_{td}$.

Необходимо определить связанный поток вторичной обмотки ψ_{dir} , который получается в прямом испытании согласно 2B.3.2.

В косвенном испытании необходимо определить связанный поток вторичной обмотки $\hat{\psi}_{ind}$ одним из следующих методов:

Метод переменного тока:

Необходимо использовать испытательный комплект оборудования согласно 2B.2.2.1.

Напряжение необходимо увеличивать до тех пор, пока не будет достигнут соответствующий предел тока возбуждения I_{al} , заданный в 2B.2.2.2.

Полученное в данный момент напряжение U необходимо отметить. Связанный ток вторичной обмотки $\hat{\psi}_{ind}$ задан формулой:

$$\hat{\psi}_{ind} = \frac{\sqrt{2} \times U}{2\pi f}$$

где, f – приложенная частота.

Метод постоянного тока или конденсаторного разряда:

Необходимо использовать испытательный контур согласно 2B.2.3.1 (метод постоянного тока) или 2B.2.4 (Метод конденсаторного разряда).

Ток $\hat{\psi}_{ind}$ – связанный ток вторичной обмотки, который соответствует пределу тока намагничивания i_m , заданного в 2B.2.3.4.

Значение F_c в таком случае вычисляется следующим образом:

$$F_c = \frac{\psi_{ind}}{\hat{\psi}_{dir}}$$

СТ РК IEC 61869-2-2013

При испытаниях, погрешность в измерении потока не должно превышать 5 %.

Если коэффициент F_c будет больше 1,1, то его необходимо учитывать при определении размеров сердечника.

ПРИМЕЧАНИЕ Значение тока первичной обмотки, требуемое для выполнения прямых испытаний на определенных типах трансформаторов, может лежать за пределами способностей, обычно предоставляемых изготовителями. Испытания на более низких уровнях тока первичной обмотки могут быть согласованы между изготовителем и покупателем.

Приложение 2С
(обязательное)

**Подтверждение соответствия трансформаторов типа с низким
 реактивным сопротивлением рассеяния**

Необходимо показать следующее:

- у трансформатора тока есть практически непрерывный кольцевой сердечник, с равномерно распределенными воздушными зазорами, при наличии таковых;
- у трансформатора тока есть равномерно распределённая вторичная обмотка;
- у трансформатора тока есть провод первичной обмотки, симметричный относительно вращения;
- влияние проводников смежной фазы за пределами трансформаторного киоска и соседних фаз пренебрежимо мало.

Если соответствие требованиям конструкции с низким реактивным сопротивлением рассеяния не может быть установлено к взаимному удовлетворению изготовителя и покупателя посредством ссылки на чертежи, то необходимо сравнить результаты прямого испытания и косвенного испытания следующим образом:

Для трансформаторов тока класса ТРХ, ТРУ и ТРZ, коэффициент конструкции F_c необходимо определить согласно 2В.3.3. Если F_c будет меньше 1,1, то трансформатор тока необходимо рассматривать как трансформатор тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния.

Для всех других классов защиты необходимо сравнивать полные погрешности полной обмотки, полученные прямым методом испытаний и косвенным методом испытаний.

Для прямого испытания можно применить любой из методов, данных в 2А.5 и 2А.6. Испытательный ток первичной обмотки должен быть таким:

$ALF \times I_{pr}$ для класса Р и класса PR;

$K_x \times I_{pr}$ для класса РХ и класса РХР.

Для косвенного испытания необходимо применить метод, данный в 7.2.6.203 (б). Напряжение, приложенное к клеммам вторичной обмотки, будет равно:

E_{ALF} для класса Р и класса PR;

E_k для класса РХ и класса РХР.

Соответствие конструкции с низким реактивным сопротивлением рассеяния должно считаться установленным, если значение полной погрешности, полученной прямым методом, меньше 1,1 умножить на значение полной погрешности, выведенное из косвенного метода.

СТ РК IEC 61869-2-2013

ПРИМЕЧАНИЕ Согласно определению (3.4.235), термин «трансформатор тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния» не универсален, а связан с защитными характеристиками, например, класс защиты.

Приложение 2D
(информационное)

Методика, используемая в испытании на нагрев масляных трансформаторов, с целью определить тепловую постоянную по экспериментальной оценке

Список обозначений:

θ - температура в °C;

$\theta(t)$ - температура масла, меняющаяся со временем (может быть температура масла сверху, или средняя температура масла);

θ_a - температура внешней среды охлаждения (атмосферный воздух или вода), предполагается постоянной;

$\Delta\theta$ - повышение температуры масла выше θ_a ;

θ_u , $\Delta\theta_u$ - предельные значения в установившемся состоянии;

$\varepsilon(t)$ - оставшееся отклонение от установившегося значения θ_u ;

T_0 - постоянная времени для экспоненциальной вариации повышения температуры масла в ёмкости;

h - временной интервал между снятием показаний;

θ_1 , θ_2 , θ_3 - три последовательных показания температуры с временным интервалом h между ними.

Испытание следует продолжать до тех пор, пока не будет удостоверено установившееся повышение температуры (масла)

$$\theta_u = \theta_a + \Delta\theta_u \quad (2D.1)$$

$$\theta_t = \theta_a + \Delta\theta_u (1 - e^{-t/T_0}) \quad (2D.2)$$

Остающееся отклонение от устойчивого состояния в таком случае:

$$\varepsilon(t) = \theta_u - \theta(t) = \Delta\theta_u \times e^{-t/T_0} \quad (2D.3)$$

Считается что:

- температура окружающей среды сохраняется настолько постоянной, насколько возможно;

- температура масла $\theta(t)$ достигнет предельного значения θ_u вдоль экспоненциальной функции с постоянной времени T_0 ;

- Формула (2D.2) является хорошим приближением температурной кривой (см. Рисунок 2D.1).

СТ РК IEC 61869-2-2013

Учитывая три последовательных показания $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ и $\Delta\theta_3$, экспоненциальное соотношение Формулы (2D.2) является хорошим приближением температурной кривой; в таком случае между приращениями будет следующее соотношение:

$$\frac{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}{\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2} = e^{hT_o} \quad (2D.4)$$

$$T_o = \frac{h}{\ln \frac{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}{\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2}}$$

Показания также позволяют предсказать повышение конечной температуры:

$$\Delta\theta_u = \frac{(\Delta\theta_2)^2 - \Delta\theta_1\Delta\theta_3}{2\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1 - \Delta\theta_3} \quad (2D.5)$$

Необходимо сделать последовательные оценки, которые должны сходиться. Для того чтобы избежать больших случайных численных ошибок, рекомендуется, чтобы временной интервал h был приблизительно равным T_0 , а отношение $\Delta\theta_3/\Delta\theta_u$ было не меньше 0,95.

Более точное значение устойчивого повышения температуры получается методом наименьших квадратов при экстраполяции всех измеренных точек приблизительно выше 60 % $\Delta\theta_u$ ($\Delta\theta_u$ оценивается методом трёх точек).

Другая числовая формулировка:

$$\Delta\theta_u = \Delta\theta_2 + \frac{\sqrt{(\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1)(\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2)}}{\ln \frac{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}{\Delta\theta_3 - \Delta\theta_2}} \quad (2D.6)$$

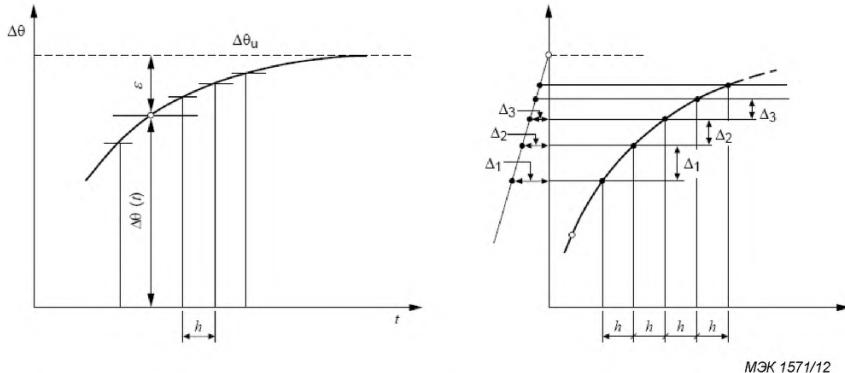


Рисунок 2D.1 - Графическая экстраполяция до повышения предельной температуры

Приложение 2Е (информационное)

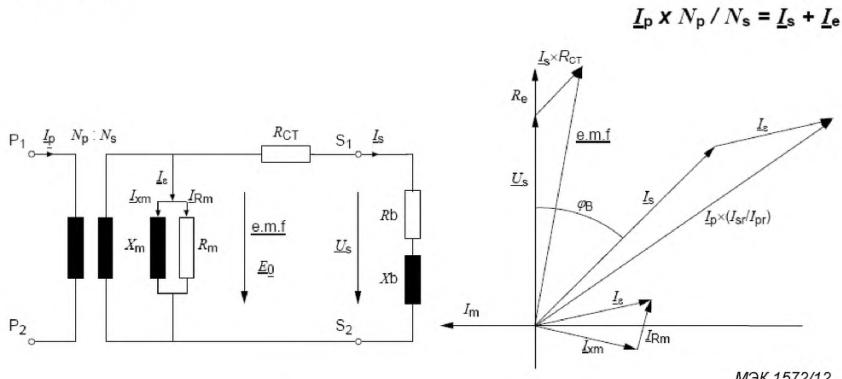
Альтернативное измерение погрешности коэффициента трансформации (ε)

Для трансформаторов тока с низким реактивным сопротивлением рассеяния следующее косвенное испытание приведет к результатам, которые очень близки к результатам, полученным в прямом испытании.

Однако, обычные испытания на погрешности коэффициента трансформации должны всегда выполняться как прямое испытание, поскольку данный метод дает наилучшее свидетельство «свойства низкого реактивного сопротивления рассеяния» сердечника, включая магнитную однородность железного сердечника. С другой стороны, альтернативный метод подходит для измерений на месте эксплуатации, а также для целей постоянного контроля.

В данном случае, метод никогда не рассматривает влияния протекания электрического тока по соседству с трансформатором тока.

Для определения погрешности коэффициента трансформации используется упрощенная эквивалентная эквивалентная диаграмма цепи, показанная на Рисунке 2Е.1:



МЭК 1572/12

Рисунок 2Е.1 - Упрощенный эквивалентный контур трансформатора тока

Синусоидальное напряжение прикладывается к клеммам вторичной обмотки $S_1 - S_2$ трансформатора тока. Измеряется испытательное напряжение на клеммах $U_{S\,Test}$ и ток $I_{S\,Test}$. Приложенное напряжение должно генерировать ЭДС на концах главной индуктивности с той же самой амплитудой, как во время работы с определенным током и реальной нагрузкой. ЭДС можно вычислить из результатов испытаний, вычитая

падение напряжения на концах сопротивления R_{ct} обмотки из испытательного напряжения $U_{S\ Test}$ на клеммах $S_1 - S_2$. Данное вычитание необходимо выполнять в комплексной плоскости. Измеренный ток $I_{S\ Test}$, равен разностному току I_e .

Погрешность коэффициента трансформации можно выразить следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\underline{I}_s - \underline{I}_p \frac{I_{sr}}{I_{pr}}}{\underline{I}_p \frac{I_{sr}}{I_{pr}}} = \frac{\underline{I}_s I_{pr}}{\underline{I}_p I_{sr}} - 1 \quad (2E.1)$$

где:

$$\frac{\underline{I}_p N_p}{N_s} = \underline{I}_e + \underline{I}_s \rightarrow \underline{I}_p = \frac{(\underline{I}_e + \underline{I}_s) N_s}{N_p} \quad (2E.2)$$

погрешность коэффициента трансформации можно выразить следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\underline{I}_s \times N_p \times I_{pr}}{(\underline{I}_e + \underline{I}_s) \times N_s \times I_{sr}} - 1 \quad (2E.3)$$

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

Для определения погрешности коэффициента трансформации для некоторого тока вторичной обмотки I_s предлагается следующая процедура испытания:

- вычисление вторичного напряжения на клеммах S₁ – S₂:

$$\underline{U}_s = \underline{I}_s \times (R_b + jX_b)$$

- измерение сопротивления вторичной обмотки R (значение при реальной температуре)

- вычисление соответствующей ЭДС

$$\underline{E}_o = \underline{I}_s R + \underline{U}_s$$

- приложение напряжения

$$\underline{U}_{sTest} = \underline{E}_o + \underline{I}_{sTest} R \quad (\text{здесь } I_{sTest} = I_S)$$

к клеммам вторичной обмотки S₁ – S₂

- измерение напряжения U_{pTest} на клеммах P₁ – P₂

- вычисление коэффициента трансформации по соотношению витков

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_{pTest}}{|E_o|}$$

- вычисление соответствующего значения I_p

$$\underline{I}_p = \frac{(\underline{I}_s + \underline{I}_{sTest})N_s}{N_p}$$

Погрешность коэффициента трансформации можно вычислить следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\underline{I}_s N_p I_{pr}}{(\underline{I}_{sTest} + \underline{I}_s) \times I_{sr}} - 1$$

Приложение 2F
(обязательное)

Определение погрешности коэффициента трансформации по числу витков

На фактический коэффициент трансформации влияют погрешности из трёх источников:

- разность между инверсией коэффициента трансформации и номинальным коэффициентом трансформации;
- ток возбуждения сердечника (I_e);
- потоки, которые текут в паразитных ёмкостях, соединённых с обмотками.

В большинстве случаев, целесообразно предположить, что для данной индуцированной ЭДС вторичной обмотки (E_s), разностные потоки, возникающие от паразитных ёмкостей и намагничивания сердечника, будут поддерживать постоянную величину, независимо от значения возбуждающего тока первичной обмотки. Теоретически E_s можно поддерживать при постоянном значении в некотором диапазоне токов возбуждения, при условии, что импеданс вторичной петли можно соответствующим образом отрегулировать. Для трансформаторов тока, разработанных так, чтобы они имели низкое реактивное сопротивление рассеяния, реактивное сопротивление рассеяния вторичной обмотки можно проигнорировать, и понадобится учесть только сопротивление вторичной обмотки. Для любых двух токов I'_s потоков и I''_s , основной расчет, определяющий испытательное требование, задается следующей формулой:

$$I'_s = (R + R'_b) = E_s - I''_s (R + R''_b)$$

где, R – фактическое сопротивление вторичной обмотки.

Предполагая, что измеренные погрешности коэффициента трансформации – ε'_c и ε''_c , погрешность коэффициента трансформации по числу витков обозначается как ε_t , а комбинированные токи намагничивания и блуждающие токи даны величиной I_x . Соответствующие разностные токи будут заданы формулой:

$$(\varepsilon'_c - \varepsilon_t) \times k_r I'_s = I_x = (\varepsilon''_c - \varepsilon_t) \times k_r I''_s$$

откуда следует:

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon'_c \times I'_s - \varepsilon''_c \times I''_s}{I'_s - I''_s}$$

СТ РК ИЕС 61869-2-2013

Если $I'_s = 2I''_s$, то погрешность коэффициента трансформации по числу витков определяется выражением $2\varepsilon'_c - \varepsilon''_c$.

Испытание при номинальном токе с минимальной нагрузкой, присоединённой к вторичной обмотке, за которым следует испытание при половине номинального тока и соответствующем увеличении сопротивления вторичной петли, обычно будет давать удовлетворительные результаты.

УДК 629.4.016.15

МКС 17.220.20

Ключевые слова: трансформаторы измерительные, пределы погрешности, номинальный ток, импульсное напряжение, защитные трансформаторы, альтернативное измерение, рабочие циклы, ток короткого замыкания, смещения фазы, кратковременный ток

Басуга _____ ж. қол қойылды Пішімі 60x84 1/16
Қағазы оғсеттік. Қаріп түрі «KZ Times New Roman»,
«Times New Roman»

Шартты баспа табагы 1,86. Таралымы ____ дана. Тапсырыс ____

«Қазақстан стандарттау және сертификаттау институты»
республикалық мемлекеттік кәсіпорны
010000, Астана қаласы, Орынбор көшесі, 11 үй,
«Эталон орталығы» ғимараты
Тел.: 8 (7172) 79 33 24