

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР
ВАЗИРЛИГИ**

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

БАБАЕВ АЗИЗ ГАЛИБОВИЧ

ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАР ИЗОЛЯЦИЯСИ ВА ЎТА КУЧЛАНИШ

Ўқув қўлланма 60710600 – Электр энергетикаси (тармоқлар ва сохалар бўйича) бакалавр таълим йўналишига мўлжалланган

**Тошкент - 2025
«ТИҚҲММИ» МТУ**

УЎК 621.316.9+621.316.57(075.8)
КБК 31.27-05я73
С 52

Бабаев А.Г.

Электр тармоқлар изоляцияси ва ўта кучланиш [Матн]: ўқув қўлланма /
А.Г. Бабаев. - Тошкент: «ТИҚХММИ» МТУ, 2025. - 148 б.

Ташқи изоляциянинг физик ҳодисалари ва хусусиятлари, электр узатиш линиялари, коммутаторлар ва электр машиналарини чақмоқдан ҳимоя қилиш, электр жиҳозларининг изоляциясини мувофиқлаштириш ва уни бузувчи ва бузмайдиган усуллар билан бошқариш кўриб чиқилади, изоляция сифатини назорат қилишнинг турли усуллари берилган.

Ўқув қўлланма бакалавр йўналиши 60710600 – Электр энергетикаси (тармоқлар ва йўналишлар бўйича) ва 60710400 – Энергетика муҳандислиги мутахассислиги таълим йўналишининг талабалари учун мўлжалланган.

Тақризчилар:

Суллиев Абсаид Хуррамович, т.ф.н.
«Тошкент Давлат транспорт университети»,
«Электр таъминоти» кафедраси, профессор

Газиева Рано Тешабаевна, т.ф.н.
“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари” Миллий тадқиқот университети, “Технологик жараёнларни автоматлаштириш ва бошқариш” кафедраси мудири, профессор

Ушбу ўқув қўлланма “ТИҚХММИ” Миллий тадқиқот университети ректорининг 2025 йил 24. апрелдаги 012 а/ф – сонли буйруғи асосида нашр этишга рухсат берилган. Рўйхатга олиш рақами 141 а/ф – 012.

ISBN _____

© А.Г. Бабаев – 2025
© «ТИҚХММИ» МТУ нашриёти – 2025

Кириш

Иш пайтида электр жиҳозлари ва линияларининг изоляциясига бир қатор омиллар таъсир қилади: узоқ муддатли иш кучланиши, қисқа муддатли ўта кучланиш, ҳарорат ва ҳароратнинг ўзгариши, намлик ва механик кучлар таъсири ва бошқалар. Электр тизимларида юзага келадиган ўта кучланиш электр иншоотларининг ишончилигига сезиларли таъсир кўрсатадиган омиллардан биридир. Таъсир қилишнинг қисқа давомийлигига қарамай, ўта кучланиш узоқ муддатли иш кучланишига нисбатан юқори қарралик, келиб чиқиш жойидан қатъи назар, тизимнинг барча электр билан боғланган элементларига таъсир қилиш, ўта кучланиш билан боғлиқ бўлмаган нуқсонларнинг пайдо бўлиши ва ривожланиши жараёнларининг сезиларли даражада ошиши, конструктив тугунларнинг эскириши тезлашиши билан тавсифланади.

Ҳар қандай электр жиҳозлари ва ҳар қандай линиянинг энг муҳим элементи изоляция бўлиб, у асосан ишлаш хавфсизлигини белгилайди, ўта кучланишдан ҳимоя қилишни ташкил етишга ёндашади. Сўнгги йилларда изоляция иншоотлари ва умуман электр иншоотларида кўплаб инновацион ўзгаришлар пайдо бўлди. 1000 В гача бўлган кучланиш синфида ишлаб чиқиш ва лойиҳалаш жараёнида нафақат хавфсизлик ва электромагнит мослик муаммолари, балки самарадорликни ошириш вазифалари ҳам тобора ортиб бормоқда, бу эса электр қуввати захираларининг пасайишига ва ўта кучланишдан ҳимоя қилиш ва хавфсизликни таъминлаш учун қўшимча чоралар кўриш зарурлигига олиб келади. Вакуум ўчиргичлари 35 кВ гача бўлган тармоқларда коммутация мосламалари сифатида ишлатилади. Вакуумнинг ёйни ўчирувчи восита сифатида ўзига хос хусусиятлари илмий тушунишни талаб қиладиган ўткинчи жараёнларига ўзига хос хусусиятларни беради. 110 кВ ва ундан юқори кучланиш синфида электр қурилмалари элегаз билан ишлайдиган тақсимловчи қурилмалар барқарор равишда

позицияларни эгаллайди, бунда изоляцияни операцион таъсирлар билан мувофиқлаштириш, ўта кучланишдан ҳимоя қилиш, ерга нисбатан асосий изоляция тузилмаларига қўшимча равишда ҳисобга олиниши керак. ва коммутация мосламаларини контактсиз изоляциялаш хусусиятлари, қўшни босқичларнинг таъсири. Трансформаторлар, генераторлар, моторлар, синхрон компенсаторлар, шунтловчи, ёйни ўчириш, филтрлаш, токни чекловчи реакторларни изоляциялашда янги ечимлар бир хил фазадаги ўрамлар, қатламлар ва ўрамлар орасидаги изоляцияга таъсир қилувчи ортиқча кучланишларни ҳисобга олишни талаб қилади. Жараёнларни қайта кўриб чиқиш ва аниқроқ тушуниш, техник воситаларни такомиллаштириш юқори самарадорлик билан кучланишдан ҳимоя қилишни ташкил қилиш имконини беради.

Ушбу рисола кучланишдан ҳимоя қилиш технологияларини таҳлил қилиш ва асослашнинг анъанавий ва янги муаммоларини таҳлил қилишга бағишланган.

1- БОБ. ТАШҚИ ИЗОЛЯЦИЯНИНГ ЭЛЕКТР ХУСУСИЯТЛАРИ

1.1 Газ разрядланиш оралиғидаги жараёнлар

Бўшатиш турлари газ разрядланиш оралиғидаги электродлар орасидаги потенциал фарқнинг ошиши билан электр изоляцион хусусиятлар йўқолади. Газли диэлектрикини йўқ қилиш жараёни разрядланиш деб аталади ва разрядланиш охиридаги потенциал фарқ разрядланиш кучланиши деб аталади.

Газ разрядланиш оралиғида разрядланган газларга ($\delta S < 1$) ва юқори зичликка эга газларга ($\delta S > 1$) хос бўлган разрядлар турлари мавжуд, бу ерда δ – газнинг зичлиги, Па, S – разрядланиш оралиғининг узунлиги, см. Разрядланган газ билан 2,5 Па гача бўлган интервалларда ЁНУВЧИ разряд чиқарилади. Унинг пайдо бўлиши учун кучланиш манбасининг паст қуввати ва ташқи занжирнинг юқори қаршилиги етарли. Бундай заряднинг асосий характеристикаси катод яқинидаги катта кучланиш пасайиши билан разрядланиш каналидаги паст ток зичлиги бўлиб, бу бутун газ оралиғининг порлашига ёрдам беради. Ёруғлик эффектининг ошиши ташқи қаршилиқнинг пасайиши билан мумкин, бу эса катод ҳароратининг ошишига олиб келади.

Юқори газ зичлигида (атмосферали ва ундан юқори бўлган) тожли, учкунли ва ёй разрядлари ажралиб туради.

Кескин бир хил электр майдонидаги кичик потенциал фарқ билан, эгрилик радиуси кичик бўлган электродда ТОЖЛИ разряд содир бўлади. Унинг характеристикаси-разрядланиш каналидаги оз миқдордаги ток ва разрядланиш оралиғининг кучли электр майдони ҳудудида порлаш (ионлаш).

Потенциал фарқ ошгани сайин, тожли разрядни УЧҚУНЛИ разрядга ўтиши мумкин, бунда юқори ҳарорат ва юқори ўтказувчанликка эга кучли зигзаг нурли разряд каналининг характерли шаклланиши кузатилади. Разрядланишни ушлаб туриш учун паст ташқи қаршилиқка эга ва разряд каналининг нисбатан юқори ўтказувчанлигига эга юқори қувват манбаи

талаб қилинади. Разряд оралиғининг кучига нисбатан чексиз қувват манбаи билан учқун чиқиши ЁЙЛИ разрядга айланади.

Бу вақтда занжирнинг ташқи қаршилиги жуда кичик, ва ионланиш жараёни (жилоси) нафақат разряд оралиғидаги газ хажмини, балки оралиғ атрофидаги маконнинг бир қисмини ўз ичига олади. Агар тожли разряд газ оралиғининг электр изоляцион хусусиятларини тўлиқ бузмаса, у ҳолда учқунли разрядланишда бузулишнинг дастлабки босқичи ҳақида гапирилади ва ёйли разрядда эса – газнинг диэлектри хусусиятларини тўлиқ бузулиши босқичи ва диэлектрикнинг газ ҳолатидан плазмага ўтиши ҳақида гапирилади.

Ионланиш турлари

Ионланиш деганда нейтрал молекула уни кўзғатиш учун етарли энергияга эга бўлган эркин электрон томонидан кўзғатилганда разрядланиш оралиғида мусбат ёки манфий ионларнинг ҳосил бўлиш жараёни тушунилади. Газ разряд микропроцессорларида нейтрал молекуланинг кўзғалиши электроннинг узоқ орбиталарга ажралиши ёки ўтишига ёки фотон томонидан энергия кванти чиқиши билан барқарор орбитага тескари ўтишга тўғри келади. Бундан ташқари, ортиқча электронлар ("ёпишиш") бу салбий ионнинг пайдо бўлишига тўғри келади ва уларнинг етишмаслиги ёки молекулани ажратиш ижобий ионнинг шаклланишига тўғри келади. Разряд оралиғида биз газ ҳажмидаги ионланиш ва катод юзасидаги ионланишни ажратамиз.

Газ ҳажмидаги ионланиш мусбат ион ва эркин электрон ҳосил бўлишига олиб келади, сирт ионланиши эса эркин электронларнинг нурланишига ёки эмиссиясига олиб келади. Газ молекулаларининг хажмли ионланишига қуйидагилар сабаб бўлиши мумкин: эркин электронларнинг нейтрал газ молекулалари билан тўқнашуви ёки электроннинг кинетик

энергияси газ молекуласининг ионланиш энергиясидан катта ёки унга тенг бўлганда зарба ионланиши:

$$mv^2/2 > W_{и}, \quad (1.1)$$

бу ерда m - электроннинг массаси; v - электроннинг тезлиги; фотоннинг электромагнит нурланиш энергияси газ молекулаларининг ионланиш энергиясига тенг ёки ундан катта бўлганда, газ ҳажмидаги фотоионизация:

$$h \lambda > W_{и}, \quad (1.2)$$

бу ерда h – $6,6 \cdot 10^{-34}$ Вт·с га тенг квант доимийси; λ -нурланиш частотаси, 1/с; космик нурлар, спектрнинг ультрабинафша қисмидаги ёруғлик тўлқинлари, шунингдек, газ разряд каналидаги молекулаларнинг ўзи фотон нурланиш манбаи сифатида ишлатилиши мумкин; термионизация, юқори ҳароратда газ зарраларининг тўқнашуви молекулаларнинг қўзғалишига олиб келиши мумкин ва ўртача кинетик энергияга тенг бўлганда

$$(3/2) k T > W_{и}, \quad (1.3)$$

ва кейинги тўқнашувларда-босқичма-босқич ионлаш учун, бу ерда T -ҳарорат, К; k – Болцман доимийси $1,37$ Вт/К га тенг. Катод юзасидан электронларнинг чиқиши электр майдон кучлари таъсирида газ ҳажмида эркин электронлар пайдо бўлишига ва натижада газ оралиғининг ионланишига олиб келади. Катод юзасидан эркин электроннинг пайдо бўлиши жараёнда мумкин: сирт зарбаси ионланиши, катод юзасини мусбат ионлар билан бомбардимон қилиш натижасида электр майдонида эркин электрон ҳосил бўлганда; космик нурланиш ёки ёруғлик тўлқини таъсирида катод юзасида фотоионизация;

термал ионлаш, катод юзасидан эркин электронларнинг чиқиши юқори металл ҳарорати таъсирида содир бўлганда;
автоэлектрон эмиссия, эгрилик радиуси электроддан бир неча даража пастроқ бўлган электр катоднинг разрядланиш бўшлиғида электр майдонининг кучи 3-10 кВ/см га етади ва электр майдон кучлари таъсирида электронлар потенциал тўсиқни енгиб ўтиш учун ва ўз навбатида, газли разряд оралиғидаги электрон эмиссиясига шароитлар яратилади.

Рекомбинация

Бу ионлаш жараёнининг тескари томони. Электрон рекомбинация ходисалари электрон мусбат ион билан ўзаро таъсирлашганда ва натижада нейтрал молекула пайдо бўлганда мумкин. Иккинчиси, шунингдек, ижобий ионнинг орбитасидаги электрон танқислиги салбий иондан "қўшимча" электронларнинг узатилиши билан тўлдирилганда, ижобий ионнинг салбий билан ўзаро таъсири натижасида ҳосил бўлади. Рекомбинация натижасида (h λ) га тенг фотон шаклида энергия кванти чиқарилади.

Плазма

Бу электродларда етарлича юқори потенциал фарқда разряд каналининг шаклланиши содир бўлган оралиғларга хос бўлган материянинг тўртинчи агрегат ҳолати. Оралиғдаги ионланган газ плазмасининг ўзига хос хусусияти унинг квази-нейтраллигидир, бунда электр майдонидаги фазовий мусбат заряд минтақаси билан бирга манфий зарядлар минтақаси - электронлар мавжуд. Плазма каналининг юқори ўтказувчанлиги ва ҳарорати мос равишда мусбат ионларнинг зич заряди билан оралиғнинг тор ҳажмида ушлаб туриладиган кучли электронлар оқими билан изоҳланади. Плазма модданинг махсус ҳолати бўлиб, у газга ўхшаш бўлиб, айти пайтда металлнинг баъзи хусусиятларига эга. Магнетогидродинамик (МГД) генераторларида плазма

паст ҳароратли (103-104K) ва юқори ҳароратли (107 - 108 K) ишлаб чиқарилади.

Зарбали ионлаш коэффиценти

Разряд бўшлиғида, электр майдони бўлмаганда, газдаги зарралар ва электронлар хаотик ҳаракатда бўлади. Ер қобиғи ва атмосфера моддаларидан радиоактив нурланиш, шунингдек космик нурланиш таъсирида газ молекулаларининг ионланиши доимий равишда содир бўлади. Ер юзидаги ўртача ион концентрацияси тахминан 1 см^3 мусбат ионлар учун - 750, манфий ионлар учун - 650 нормал атмосфера шароитида ҳатто тасодифий омиллар ҳам электронларнинг нейтрал молекулалар билан тўқнашувига олиб келиши мумкин (секундига 10 тагача тўқнашув). Газларнинг кинетик назариясига кўра, электрон тўқнашувсиз учади x эҳтимоллик билан $e^{-x/\lambda}$, бу ерда λ – разряд оралиғидаги электроннинг ўртача эркин йўли ва унинг тескариси газнинг зичлигига мутаносиб δ :

$$1 / \lambda = A \delta, \quad (1.4)$$

бу ерда $1/\lambda$ - узунлик бирлигига тўғри келадиган электрон тўқнашувларининг ўртача сони, $1/\text{см}$; A -турли газлар учун мутаносиблик коэффиценти $(2-11) \cdot 10^3$ оралиғида ётади. Агар оралиғнинг электр майдонида E электрон молекула билан тўқнашишдан олдин x_n йўлини босиб ўтиши мумкин бўлса, у ҳолда $x_n = U_n/E$, бу тўқнашувда эҳтимоллий ионланиш ҳаракати йўлига тўғри келади. Шунинг учун, агар 1 см йўл бўйлаб тўқнашувларнинг ўртача сони тўқнашув пайтида ионланиш эҳтимоли билан кўпайтирилса, биз зарба ионланиш коэффиценти деб аталадиган разряд оралиғининг узунлик бирлигига молекулаларнинг ионланиш сонини оламиримиз:

$$\alpha = (1/\lambda) \exp(-x_n/\lambda) = A \cdot \delta \cdot \exp(-A \cdot \delta \cdot U_n/E). \quad (1.5)$$

(1.5) боғлиқ ҳолда, доимий ҳароратда ва бирхил электр майдонида, боғлиқлик кузатилади

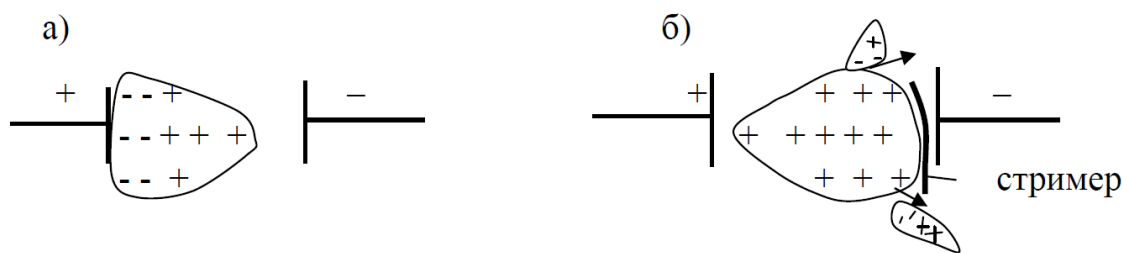
$$x / d = F (E / d). \quad (1.6)$$

Нормал атмосфера шароитида ($d = 1$) минимал узунлиги 23 кВ/см. E ўсиши билан α коэффиценти ортади.

1.2 Кичик учқун оралиғида тешилиш механизми

Бир текис электр майдонига эга бўлган ҳаво разрядлаш бўшлиғида разрядни кўчки шаклининг стример шаклига ўтиши, разряднинг мустақиллиги шарти учқунли разряднинг плазма каналининг пайдо бўлиши шартидир. Разрядланган газлар учун разряд каналини ишлаб чиқиш жараёни атмосферага яқин босимли газлардан фарқ қилади.

Разрядланган газлар учун разряд каналининг ривожланишининг кўп кўчкили характерлидир ва дастлабки кўчки пайдо бўлиши билан кейинги кўчкиларнинг шаклланишида иштирок этадиган эркинларлар оралиғида қайта тикланади. Иккинчиси ҳаракатсиз эркин электронларнинг шаклланишига олиб келади ва шу билан оралиғ аввалги қор кўчкиларидан мусбат ионлар ва салбий электронлар заряди билан тўлдирилгунга қадар ионланиш сонининг кўпайишига (экспонент сифатида) олиб келади. Разряд канали характерли юқори ўтказувчанликка эга плазма ҳолатига етади. Бундай ҳолда, бирламчи жараёнларда, яъни эркин электронларнинг шаклланишида асосий ролни катод юзасида фотоионизация ўйнайди. Бинобарин, разрядланган газ билан оралиғида разрядни ривожланишига катод материали сезиларли таъсир кўрсатади. 1013 Па атмосфера босимида, шунингдек бироз юқорироқ ($\delta S > 1$), разряди ривожланиш механизми стример шаклида мустақил (расм. 1.1).



Расм – 1.1. Кичик разряд бўшлиғида стримерни ҳосил бўлиш механизми: а) - ионлаш жараёни; б) - бирламчи кўчки шаклланиши ва газ ҳажмида интенсив фотоионизация

Разрядлаш оралиғининг электр майдони бирламчи кўчки бошига қараб кескин ошади, бу эса кўчки боши ҳудудида фотонларнинг пайдо бўлишига ва газ ҳажмида кучли фотоионизацияга олиб келади. Мустақил стример бирламчи кўчкининг бошига ёки юқори кучланиш майдонига йўналтирилган иккиламчи кўчкиларнинг шаклланиши билан бошланади. Иккиламчи электронлар бирламчи кўчкига тортилади, электр майдон кучини катодга қайта тақсимлайди ва оралиқ чуқурлигига импульсив равишда киритилган бирламчи кўчкининг ижобий ионлари билан плазма ўтказувчи канал яратади – бу айна стримердир.

Разрядлаш каналидаги кучланишнинг янада ошиши газ ҳажмида фотоионизация ва плазма каналининг тез униб чиқиши туфайли иккиламчи кўчкиларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Ўсиб бораётган разряд каналига **стример** дейилади. Электродлар орасидаги оралиқнинг бир-бирининг устига чиқиши тугагандан сўнг, стример разрядланишнинг учкун босқичига киради. Стримернинг ривожланиш вақти тахминан 10 – 8 сонияни ташкил қилади ва унинг пайдо бўлишининг сабаби газ ҳажмида фотоионизация ҳисобланади. Шундай қилиб, кичик интервалларда ва зич газларда разряд битта кўчки шаклида давом этади ва стримерга ўтади.

Иккиламчи ионланиш коэффициенти

Чиқариш оралиғидаги кўчки жараёни унда камида битта эркин электрон ҳосил бўлиши ёки пайдо бўлиши билан бошланади, у нейтрал молекула билан ўзаро таъсир натижасида ион ва иккиламчи эркин электрон ҳосил қилади.

Жараён экспонент равишда ўсиб бормоқда:

$$N = \exp(\alpha S) \quad (1.7)$$

Агар эркин электронларни қайта тиклаш жараёни доимий равишда ўсиб бора ва тўхтамаса, унда оқинди мустақил деб аталади ва электр майдони ташқи заряд манбаи ҳисобланади. Дастлабки эркин электрон кўчкининг ўзида ионланиш жараёнлари туфайли ҳосил бўлиши мумкин, масалан, газ ҳажмида фотоионизация ёки термал ионланиш, кейин оқинди мустақил деб аталади. Ягона майдонда бўшатиш мустақиллиги ҳолатини баҳолайлик. Агар молекулалар фотонларнинг чиқиши билан кўчкида ҳаяжонланса, иккинчиси газ ҳажмида ёки катодда ионланишни келтириб чиқариши мумкин. Бундай жараён битта ионланиш актига тааллуқли иккиламчи электронлар сони билан баҳоланади - бу иккиламчи ионланиш коэффициентини γ . Кўчкида $(e^{\alpha S} - 1)$ ионланиш(ионлар сони) содир бўлиши мумкин, бунда $\gamma \cdot (e^{\alpha S} - 1)$ – иккиламчи эркин электронлар иштирок этади. Бундай ҳолда, ички жараёнлар натижасида кўчкида ионизация ҳаракати билан молекулани ҳаяжонлантирадиган камида битта иккиламчи электрон ҳосил бўлади, оралиғидаги разряд, ҳатто ташқи ионизатор бўлмаганда ҳам мустақил равишда сақланади. Шунинг учун интервалда разрядланишнинг мустақиллиги шартини тенгсизлик бўлади

$$\gamma \cdot (e^{\alpha S} - 1) \geq 1. \quad (1.8)$$

Интервалдаги иккиламчи жараёнларнинг бошланиши қуйидаги ифода билан белгиланади

$$\alpha S = \ln(1 + (1/\gamma)). \quad (1.9)$$

Ҳаво учун $\alpha S = 24,5$ қиймати $E = 35$ кВ/м критик кучланишни ҳисоблаш имконини беради, бу нормал атмосфера шароитида разряд бўшлиғига қўлланилиши керак, шунда разряд мустақил бўлади ёки иккиламчи жараёнларда эркин электрон ҳосил бўлади.

Бирхил электр майдонли оралиғдаги разряд кучланиши

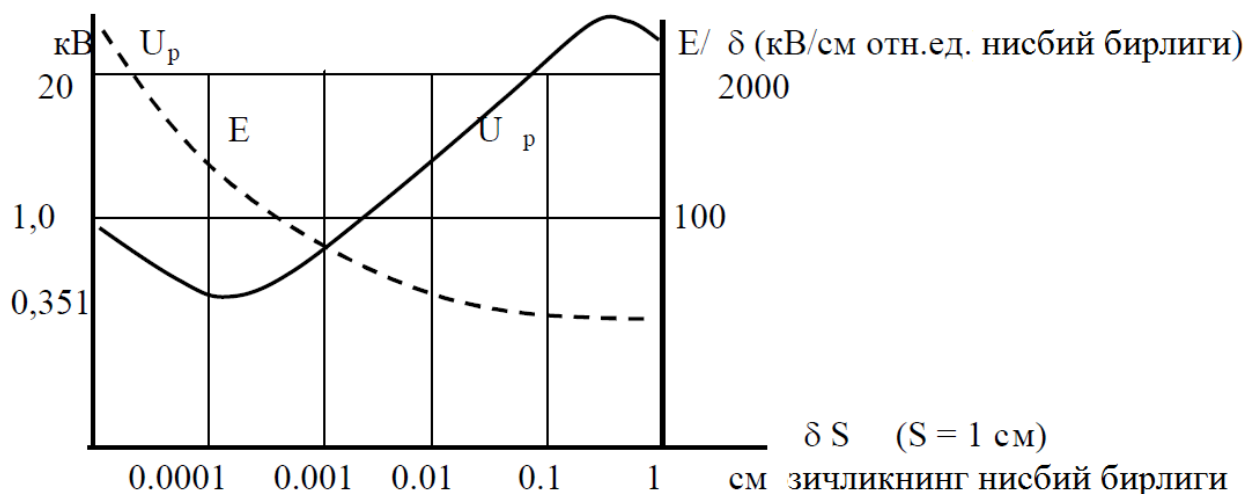
Пашен қонуни

Бир хил электр майдонига эга бўлган интервалда разрядланиш мустақиллиги шартлари оралиғнинг бузилиши ва иккита электрод ўртасида плазма каналининг шаклланиши учун шартдир. Кучланиш ва кучланиш ўртасидаги боғлиқлик $E=U$ п/С га боғлиқлик билан ифодаланади ва ҳаводаги разрядланишнинг мустақиллиги шarti доимий бўлиб қолади ва агар ҳар бир эркин электрон интервалда ионланишни амалга оширсa, етарли даражада аниқлик билан бўйсунaди. қуйидаги тенглик:

$$\alpha S = \ln(1 + 1/\gamma) = A \cdot \delta \exp(-A \cdot \delta \cdot U_n / U_p \cdot S)$$

бу ерда $U_p = A U_n (\delta \cdot S) / \ln(A \cdot S / \ln(1 + 1/\gamma) + \ln(\delta \cdot S))$, шубҳасиз, $U_p = f(\delta \cdot S)$ колган доимий катталикларда.

Боғлиқ $U_p = f(\delta \cdot S)$ 1.2 расмда келтирилган бўлиши мумкин, бу ерда электродлар орасидаги масофа $S = 1$ см деб қабул қилинади. Заряднинг мустақиллиги $\alpha_{кр} = 20 / S$ қийматида ҳосил бўлади. Бир вақтнинг ўзида ҳавода 1 см-лик йўлдаги $\alpha_{кр}$ бу тўқнашувлар пайтида ионланиш эҳтимоли билан кўпайтириладиган эркин электроннинг тўқнашувлари сонига тенг бўлганда содир бўлади.



Расм - 1.2. Разряд кучланиши ва кучланишининг оралиғ узунлигидаги ҳаво зичлигига боғлиқлиги S

1.2 расмдан кўриниб турибдики, U_{pmin} га нисбатан ортиб бориши билан U_p қиймати ортади. Бу тўқнашув пайтида ионланиш эҳтимолининг пасайиши ва U_{pmin} нинг пасайиши билан U_p нинг ошиши тўқнашувлар сонини камайтириш таъсирининг устунлиги билан боғлиқ. Иккала ҳолатда ҳам зарба ионлаш коэффициенти пасаяди ва разряд каналини ҳосил қилиш учун электродлар орасидаги потенциал фарқи ошириш керак.

Газ зичлигининг δ пасайиши ва кўпайиши билан изоляцияни ошириш U_p саноатда, масалан, кабеллар ва конденсаторларда - сиқилган газ, вакуумли ўчиргичларда ва электрон нурлари найчаларида - разрядланган газ қўлланилади. Математик боғлиқлик (1.5) Пашен томонидан экспериментал равишда ўрнатилди ва қонун сифатида талқин қилинди: доимий ҳароратда ва катод материалининг доимийлигида бир хил электр майдонида разряд кучланиши электродлар орасидаги масофада газ зичлигини (ёки босим) ҳосил қилувчи функциясидир. Пашен қонунига кўра, агар газ зичлиги оширилса ва электродлар орасидаги масофа n марта камайтирилса, разряд бўшлиғида U_p доимий бўлиб қолади. γ коэффициенти аниқлаш жуда қийин, унинг қиймати босим, ҳарорат, ва паст босимларда майдон кучланишига, ҳатто

катод материалига боғлиқ. γ экспериментал равишда аниқланади ва масалан, ҳаво учун γ 0,02-0,025 га тенг.

1.3 Тожли разряд ва унинг хусусиятлари

Кўчки тожи

Кучли электр майдоннинг майдонини (кичик эгрилик радиуси бўлган электрод майдони) қоплайдиган кўчки электр майдонидаги мустақил разрядланиш - тож шаклига эга. Тожнинг барқарор ривожланиши бу ҳодиса кескин бир ҳил бўлмаган майдонда содир бўлганда ажралиб туради. Бу ерда тожнинг ҳосил бўлиши тожнинг дастлабки кучланиши таъминлайди. Тожли разрядланиши беқарор ва заиф нотекис электр майдонида содир бўлганда статистик характерга эга. Бу ерда бузилиш кучланишининг тарқалиши жуда юқори ва тожнинг бошланғич ва бузилиш кучланиши мос келиши мумкин. Бир ҳил бўлган майдон билан ионланиш электродлар орасидаги электр майдонининг куч линиялари бўйлаб тарқалади, шунинг учун тож разрядланиши принципиал равишда содир бўлмайди ва унинг квази-бир ҳил майдондаги дастлабки кучланиши парчаланишга тенг.

Салбий ўқдаги тожли ҳодисаси кўчки характерига эга бўлиши ва оралиғқа чуқур кириб бориши мумкин. У ҳолда электронлар ионланиш минтақасидан электр майдон кучлари томонидан амалга оширилади ва нейтрал молекулалар томонидан ушланиб, салбий ионларни ҳосил қилади.

Шундай қилиб, катод яқинида мусбат ионлар булути мавжуд бўлиб, манфий ўқ учиде юқори кучланишни сақлайди ва манфий ионларнинг заряди кучли электр майдони ҳудудидан ташқарига тарқалади. Салбий қутбланишнинг кўчки тожи аниқ белгиланган юқори частотали Ригелнинг импульслар шаклида ривожланади. Ижобий қутбланиш ўқиде, ҳажмли мусбат заряднинг экранлаш эффекти туфайли, оралиғ тешилишидан олдин кўчки тожи кузатилади.

Стример тожи

Тожли разрядида такрорий кўчкилар (бирламчи жараён) ўқ электрод соҳасидаги ижобий ионлар концентрациясининг ошишига олиб келади. Шунинг учун бирламчи кўчки (электронлар қолдирган мусбат ионларнинг ҳажмли заряди) атрофдаги ораллиққа фотонларни чиқаришга қодир бўлган юқори кучланишли аниқ бошга ега. Иккинчиси газ бўшлиғи ҳажмида фотоионизацияни яратади, бу эса янги кўчкиларнинг пайдо бўлишига (иккиламчи жараён) ва кейинчалик разряд бўшлиғида стример шаклида мустақил разрядни келтириб чиқаради. Агар бу жараён кичик потенциал фарқ билан содир бўлса, у ҳолда стример ривожланади ва пасаяди, яъни кичик эгрилик радиуси бўлган электродда стример тожи пайдо бўлади. Катод стримерининг ораллиққа чуқур кириб боришига салбий ҳажмий заряд тўқинлик қилади. Ижобий ва салбий стримерли тож ундаги электронлар оқими сақланиб турганда мавжуд бўлади, лекин унинг ривожланишидан кейин у йўқолиши керак.

Доимий ва ўзгарувчан кучланишдаги тож разрядининг хусусиятлари

Ўзгарувчан электр токлари, айниқса, ЎЮЧ симларида, ишчи кучланишда тожли разряд энергия йўқолиши ва узоқ вақт радио шовқунига олиб келади, шунинг учун унинг таъсири чекланган бўлиши керак. Шу билан бирга, ортиқча кучланиш ривожланганда, у импульсли кучланиш амплитудасини камайтиради. Линиядаги тожли разряд симметрик равишда симни қоплаб, унинг электродинамик сифимини C_d оширади. Симдаги тожда доимий равишда ўсадиган ва ўчадиган стримерлар мавжуд бўлиб, улар ток импульсларини келтириб чиқаради. Охиргилар юқори частотали тебранишларни (1-100 МГц) ҳосил қилади, улар симлар, трослар ва таянчлар бўйлаб тарқалади ва атрофдаги муҳитга тарқалади. Тожлиция линияси радио кабул қилувчиларга, ва юқори частотали алоқа каналларига халақи беради.

Доимий кучланишда симлардаги тожнинг характери стационар бўлади. Ижобий сим билан ионлаш жараёни электронларнинг анод симига, мусбат ионларнинг катод симига интенсив ҳаракатланишига олиб келади. Салбий сим билан электронлар ионланиш минтақасидан чиқарилади, нейтрал молекулалар томонидан ушланади ва салбий ионлар ҳосил бўлади, улар электр майдон кучлари таъсирида анод симига ўтади ва қолган мусбат ионлар катод симига ўтади. Шу муносабат билан электродлар орасидаги ионлар оқими қайд этилади, бу конвекциянинг доимий тож токини келтириб чиқаради ва I_k . Сим яқинида ҳосил бўладиган сиғимли заряди симнинг майдон кучини пасайтиради ва шу билан тожнинг дастлабки кучланишини оширади. Бир хил қутбли таянчларда жойлашган ўтказгичлардаги доимий ток линиясининг тожи униполяр тож деб аталади ва электр узатиш линиялари тизимидаги турли қутбли таянчларда симлари бўлган электр узатиш тизимидаги тож биполярдир. $2U_n$ кучланишли биполяр линиядаги тож йўқотишлари U_n кучланишли иккита униполяр линиянинг умумий йўқотишларидан юқори. Доимий кучланишда тожли йўқотишларини ҳисоблаш усули “Юқори кучланишли доимий ток орқали электр энергиясини узатиш илмий-тадқиқот институти” олимлари Н.В. Егорова ва Н.Н. Тиходеевлар томонидан таклиф қилинган. Йўқотишлар умумлаштирилган бошланғич координаталарда ифодаланади- P , $U/U_{б.к}$, бу ерда U қутб кучланиши; $U_{б.к}$ – тожни бошланғич кучланиши. Электр узатиш линиясининг параметрини бундай ҳисоблаш P_T тожидаги йўқотишларнинг кўпайишига олиб келади. ЭУЛ ФИК $\eta = 0,95$ электр узатиш линиясининг самарадорлиги $I^2 R$ қизиш учун йўқотишлардан ва P_T тожи учун йўқотишлардан иборат. Тожли йўқотишлари $P_T = 2,5 \cdot 10^4 \cdot 4U_{\phi}^2 (U_{\phi}/U_T)5$, кВт/км, бу ерда 35 кВ ва ундан юқори электр узатиш линиялари учун $U_{\phi}/U_T = 0,95-0,96$, 220-500 кВ электр узатиш линиялари учун эса 0,5-1,0 ичида жойлашган.

Электр узатиш линиясининг номинал кучланиши қанчалик юқори бўлса, тождаги йўқотишлар шунчалик катта бўлади, аммо уларнинг нисбий

катталиги электр линиясининг номинал кучланишига боғлиқ эмас: P_T / P_H , бу ерда $P_H = U_a^2 / Z$, ва U_T, D симига боғлиқ бўлиб чиқади ёки $S = \pi r_3^2$. Бир тож учун ўртача йиллик энергия йўқотилишини аниқлаш учун аввал линиянинг барча фазаларининг иш қобилияти C_i , шунингдек бўлиниш радиуси r_p ва r_3 нинг эквивалент радиуси топилади). Кейин тождаги йўқотишлар қуйидагилар билан белгиланади $h_{я.об.}$ билан 1 йил ичида 1 км линия - яхши об-ҳаво; $h_{т.}$ - туман; $h_{\epsilon.}$ - ёмғир; $h_{к.}$ - қиров, муз, совуқ; $h_{к.кю}$ - қуруқ қор (ёмғир ва қорнинг интенсивлиги $I_g = H_g / h_g$, қуруқ қор - $I_{к.к.} = H_{к.к.} / h_{к.к.}$). Кейин об-ҳавонинг ҳар бир босқичи ва тури учун танқидий кучланишлар аниқланади:

$$U_{ki} = (2 \cdot \pi \cdot e \cdot e_0 \cdot n \cdot r \cdot E_k) / k_y \cdot C_i, \quad (1.11)$$

бу ерда $k_y = E_{max} / E_{\dot{y}p.}$; n - фазадаги симлар сони.

Кейин тожнинг хажмли зарядининг эквивалент сифими топилади, Ф/км:

$$C_3 = (2 \pi \delta \epsilon \epsilon_0 \ln(r_p^2 + 2,5 k_2 C U_k / \delta \epsilon \epsilon_0 w)) / r_3, \quad (1.12)$$

бу ерда k_2 -ионларнинг ҳаракатчанлиги (1100 см/кВ с - туман, ёмғир, қор; 2200 см /кВ с - яхши об-ҳаво, совуқ, муз, совуқ); C -фазанинг ишчи қобилияти.

Ўртача қувват йўқотилиши ҳар бир об-ҳаво тури учун ажратилади:

$$P_i = 350 \omega \cdot (c^2 / (C_3 - C)) (U_k^2 f(U_\phi / U_k)). \quad (1.13)$$

Йилига тож учун ўртача йўқотиш даражаси қуйидагича топилади

$$P_{\dot{y}p.} = \Sigma P_i / 8760. \quad (1.14)$$

Ўртача йиллик тож йўқотишлари биполяр электр линиясининг битта даври ёки бир қутбли битта даври учун ҳисобланади. Мамлакатимизда ва чет

елларда олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, шовқин асосан ҳаво линиясининг ижобий қутбидан келиб чиқади. Ёмғирда ҳаво линияларидан radio шовқин камаяди, электр линияларида еса улар кўпаяди. Биполяр ҳаво линиясида зарядланган заррачаларнинг кучли рекомбинацияси ва шамолда йўқотишлар кўпаяди. Бир қутбли чизикларда шамол йўқотишлари аниқланмади.

Ўзгарувчан кучланишда тожга электр энергиясини йўқотилиши

Тожли разряднинг кучланишининг критик қиймати:

$$E = 23,3 m d (1 + 0,62 / (r^{0,32} d^{0,3})), \text{ кВ/см.} \quad (1.15)$$

бу ерда m - яхши об - ҳавода симнинг силлиқлиги коэффициенти - 0,85; туманда-0,7; совукда, музда, совукда-0,6; ёмғир ва қорда ёғингарчилик интенсивлигига боғлиқ-0,57-0,73; $\delta = (p - p_0)/(p_0 - p_{\text{га}})$; r_0 симнинг самарали радиуси.

D сими 1 мм бўлган ўралган симли узатиш линиялари учун алюминий ва пўлатнинг тўлдириш нисбати 0,65-0,7, яъни симнинг 30-35% пўлат билан тўлдирилган. Ўралган сим, цилиндрсимон тоза юзадан фарқли ўлароқ, кучланишни 30-40% га оширади. Маҳаллий тож интенсивлигининг ошиши кўполлик коэффициенти билан ҳисобга олинади m . $E = mE$ силлиқ сирт, бу ерда $m = 0,85-0,87$, агар қаттиқ шиналар (алюминий ичи бўш симлар, қувурлар, қутилар) ишлатилса, $m = 0,95$. Ҳақиқий шароитда симнинг шикастланиши (бурр) ва табиий ёғингарчилик (шудринг, туман, қор) туфайли сим атрофидаги кучланиш кучаяди.

Тожли линиясининг параметрлари қуйидагилар билан белгиланади:

Формула ёрдамида ҳисобланган фаол ўтказувчанлик

$$Q = 10^3 (f / 50)^{0,62} (1 - \exp(-3,05 (U_{\text{max}} - U) / U)), \text{ 1/МО м,} \quad (1.16)$$

бу ерда $U_{\max}$ - ўта кучланишнинг максимал амплитудаси ва линиянинг сифими:

$$C = 2,4 (50 / f)^{0,42} ((U_{\max} / U_{\text{нк}}) - 1), \text{ пФ/м.} \quad (1.17)$$

Тожнинг кучланиш амплитудасига таъсири

Коммутация ўта кучланишлари-бу юқори кучланишли қурилмаларни ёқиш ва кучли ташқи тожни яратадиган қисқа туташувлардан келиб чиқадиган ишчи кучланишининг ортиқча бўлиши (ток ўтказувчи қисмнинг бутун узунлиги бўйлаб). Шундай қилиб, сим атрофида мусбат заряд майдони ҳосил бўлади. Бундай ҳолда, қўшимча заряднинг қуввати унинг атрофида ионлаш пайтида U_n да симнинг иш қобилятига қўшилади. Натижада симларнинг умумий қуввати ўсиб бормоқда. Қўшимча қувватнинг келиши билан (у электродинамик C_d деб аталади), алмаштириш схемаси ўзгаради, қўшимча фаол йўқотишлар қайд этилади. Симнинг умумий сифимининг ошиши ва энг муҳими, C_d мавжудлиги тикликни пасайтиради, ўта кучланиш амплитудасини сусайтиради ва шу билан унинг қўпайишини камайтиради. Ўта юқори кучланиш (ЎЮОК) электр узатиш линияси ташқи томондан импульс тожини ривожлантиради (улар симга тўғридан-тўғри ёки индукцияланган чакмоқ уришдаги электр узатиш симидаги ишлайдиганлардан юқори). Жараён импульсив, унинг вақти стримернинг ривожланиш вақтига тўғри келади. 70% ҳолларда электрон тезлиги 106 см/с бўлган манфий симдан импульсли тож ривожланади. Салбий ҳолат вольт-Кулон характеристикасига эга (ВКХ) , бу боғлиқлик билан ифодаланиши мумкин:

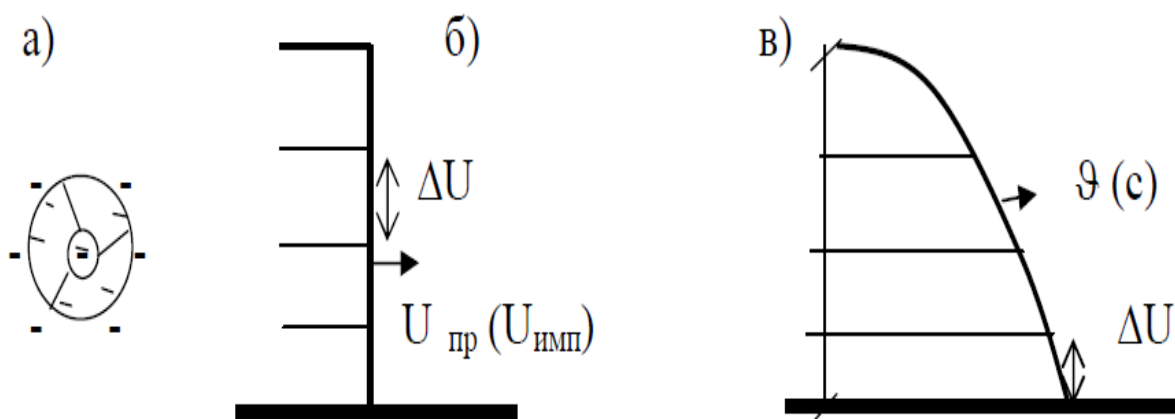
$$q = C_0 \cdot U \cdot (1 + B \cdot U), \quad (1.18)$$

бу ерда $B = f \cdot (r_0)$ - симнинг радиусига қараб коэффициент; C_0 -симнинг геометрик сифими. r нинг ошиши билан q - умумий заряднинг қиймати

камаяди, яъни.чизиқнинг қуввати ошади. Ҳаво линиялари учун C_d нинг ошиши тўлқинларнинг тарқалиш тезлигининг пасайишига олиб келади:

$$J = 1/\sqrt{L C_d} = c, \quad (1.19)$$

бу ерда C_d -электродинамик қувват; c -ёруғлик тезлиги.



Расм - 1.3. Тожли разрядининг симга таъсир қилувчи омили а) - симдаги тож қопламасининг ривожланиши; б) – электр ўтказиш линияси симидаги ўта кучланишнинг электромагнит тўлқини; в) - симдаги импульсли тожнинг ривожланиши пайтида худди шу тўлқин

1.3 б-расмда подстанциядан бир неча ўн километр олдин 5-10 микросониягача юмшоқ тўлқин фронти кўрсатилган, бу ерда тўлқин амплитудаси камаяди.

1.4. Кичик интервалларда разряд хусусиятлари

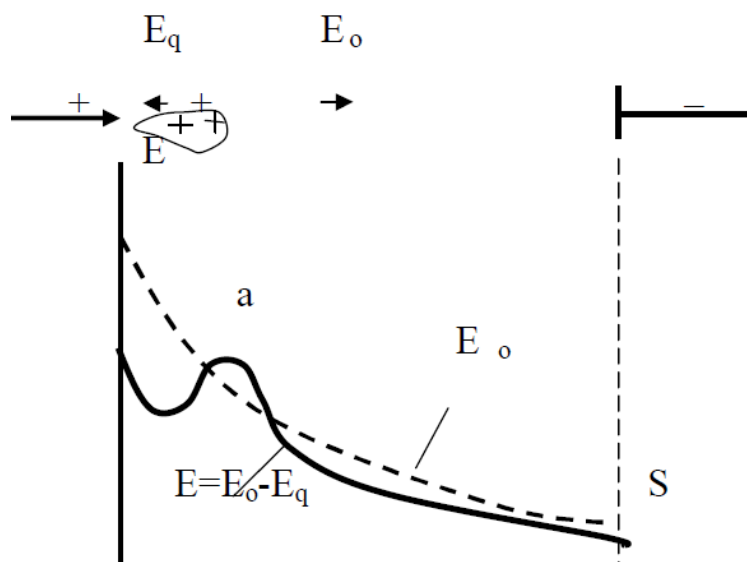
Кескин нотекис электр майдони бўлган кичик ораликдаги разряд

Бир ҳил бўлмаган майдонда дастлабки ионланиш кучли электр майдони ҳудудида ҳажмли заряд ҳосил бўлиши билан содир бўлади. Ижобий ионларнинг бу ҳажмли заряди келажакда разряд каналининг ривожланишига сезиларли таъсир кўрсатади. Кичик интервалда тожли ва учқун разрядлари

ажралиб туради. Стержень-текислик бўшлиғи, кескин нотекис майдонга эга оралиғ икки ҳолатда кўриб чиқилади: стерженьда ижобий ва салбий кутублилик билан. Ушбу икки ҳолат доимий кучланиш таъсирида яхши таҳлил қилинади. Ўзгарувчан кучланишнинг таъсири, 50 Гц частотаси электродлардаги кутбланишни 10^{-2} сония давомида ўзгартирганда, доимий кучланишнинг таъсири сифатида қаралиши мумкин, чунки оқим оқимининг ривожланиш вақти (муствақил разрядланиш, учқун) электродлардаги кутбланиш ўзгаришига қараганда кўп марта тезроқ (10-8 сония).. Ижобий стержен ва салбий текислик орасидаги оралиғда (расм 1.4), потенциал фарқнинг ошиши мусбат ионлар булути ҳосил бўлиши билан кучли электр майдони минтақасида ионланиш жараёнига олиб келади. Ушбу белгидан стержень яқинидаги зарядлар ушбу минтақада юқори энергияга эга бўлган эркин электронларнинг пайдо бўлиши туфайли ҳосил бўлади, агар дастлабки эркин электронлар катод юзасидан оралиғда салбий текисликнинг юзасидаги (катоднинг) катта электр майдонида оғир мусбат ионлар билан бомбардимон қилинганда пайдо бўлган бўлса. Юқори электр майдон интенсивлиги соҳасида кучли зарба ионизацияси стержень юзасига қараганда етарлича (кўп марта) катта эгрилик радиуси бўлган мусбат зарядлар булутини ҳосил қилади. Шунинг учун стержень яқинида майдон кучи пасаяди ва натижада тожнинг дастлабки кучланиши (электродлар орасидаги потенциал тезлиги) ошиши керак. Ижобий стержень яқинидаги мусбат ионларнинг ҳажм зарядининг ошиши келажакда (потенциал фарқ ошгани сайин) кичик эгрилик радиуси бўлган электродда кўринадиган тож йўқлигига олиб келиши мумкин. Аксинча, стерженьдан узоқда, электр майдон кучи ошади ва унинг кўтарилиши мумкин (a нуқтаси), бу анодининг стримерини кейинги шаклланиши билан оралиғ ҳажмида фотоионизация бошланишига ёрдам беради (муствақил разряд).

Шундай қилиб, стример ҳосил бўлиши билан разряд каналини ҳосил қилиш учун потенциал фарқнинг ошиши талаб қилинмайди. Разряд стример

шаклида мустақил равишда ривожланади ва қарама-қарши электродга (мусбат текислик) етиб, анодга (мусбат стержень) борадиган кўчкилар шаклида электронларнинг кучли оқими билан мусбат ионларнинг зич зарядига айланади.

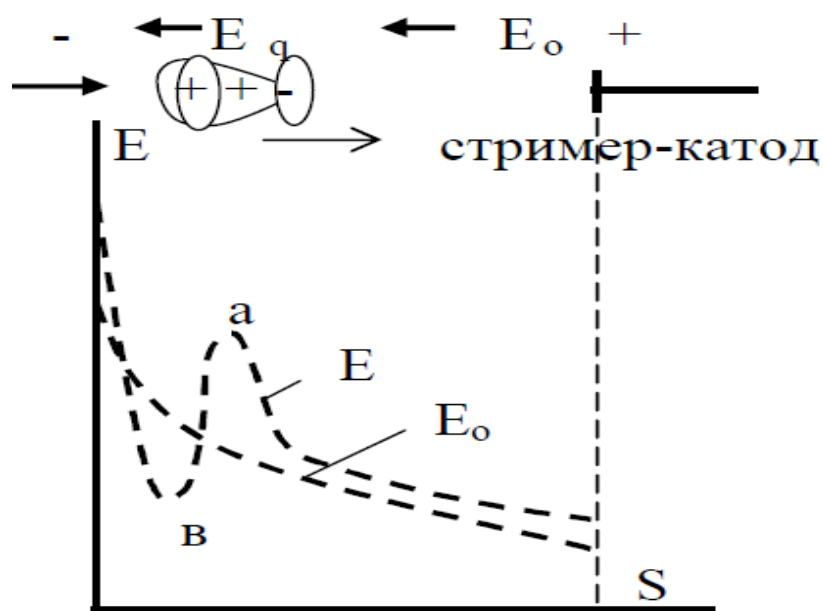


Расм - 1.4. Мусбат стержень ва манфий текислик орасидаги оралиғда электр майдон кучининг тақсимланиши

Шундай қилиб, стрьер ҳосил бўлиши билан разряд каналини ҳосил қилиш учун потенциал фарқнинг ошиши талаб қилинмайди. Разряд стример шаклида мустақил равишда ривожланади ва қарама-қарши электродга (мусбат текислик) етиб, анодга (мусбат стержень) борадиган кўчкилар шаклида электронларнинг кучли оқими билан мусбат ионларнинг зич зарядига айланади. Тор ҳажмдаги бўшатиш оралиғидаги модданинг бу плазма ҳолатига учкун разряди дейилади. Стерженьнинг салбий кутблари билан (расм 1.5) жараён янада мураккаблашади, стерженьда кўринадиган тожнинг шаклланиши стержень ва текислик ўртасидаги кичик потенциал фарқи ва жуда катта потенциал фарқга эга катод стримерининг шаклланиши

билан қайд этилади. Кичик потенциал фарқ стержень учида юқори кучланиш ҳосил қилади ва катоддан автоэлектрон эмиссия туфайли дастлабки эркин электронлар. Улардан баъзилари ионланиш энергиясига яқин энергияга эга кучли электр майдони ҳудудига тушиб, қўшимча энергия олади ва мусбат ионлар ва қўшимча эркин электронлар ҳосил бўлиши билан нейтрал молекулаларни ионлаштиради. Эркин электронларнинг бошқа қисми электр майдонининг кучлари томонидан юқори кучланиш чегараларидан ташқарида амалга оширилади ва салбий ионлар ҳосил бўлиши билан кислород молекулалари томонидан ушланади.

Кучли электр майдони минтақасидаги ионизация жараёни стержень учидаги кучланиш кучайишига олиб келади ($E = E_0 + E_q$) ва кўринадиган тож аллақачон кичик потенциал фарқ билан содир бўлади ва интервалдаги стримерни ривожланиши икки сабабга кўра қийин: биринчиси, иккита хажмли зарядлар орасидаги минтақада, рекомбинация жараёни содир бўлади ва иккинчиси-катоддан стример асосий электр майдонининг E_0 кучларига қарши бўлиб чиқади (у худди орқага чекиниши керак).



1.5-расм. Салбий стержень ва мусбат текислик орасидаги оралиғда электр майдон кучининг тақсимланиши

Бинобарин, разряд бўшлиғидаги бундай омилларни бартараф этиш учун жуда катта потенциал фарқ талаб қилинади ва фақат уни электродларда ошириш орқали улар салбий стержень билан бундай оралиғда учқун каналини шакллантиришга эришадилар.

Кичик разряд оралиғга тўсиқни таъсири

Тўсиқ-бу иккита электрод орасидаги разряд бўшлиғи ичидаги ингичка диэлектрик қатлам. Бу оралиғ хажмини ўзгартирмасдан электродлар орасидаги разряд кучланишининг катталигини кескин оширади. Тўсиқни оралиғга оптимал жойлаштириш учун унинг учта позициясини кўриб чиқинг. (1.6-расм.)

1). Тўсиқ стерженьнинг бевосита яқинида, унга тегиб туради.

Бундай ҳолда, унинг разрядланиш кучланишининг ошишига таъсири кўринмайди. Ижобий ва салбий стержень билан кучли электр майдони зонасида (стержень учи) мусбат ионлар ҳосил бўлади. Ушбу ионлар жуда кичик хажмли заряд ҳосил қилади, бу тўсиқ орқасидаги оралиғнинг электр майдон кучини ўзгартирмайди ва потенциал фарқнинг катталиги стержень текислиги бўшлиғи билан белгиланади. Бундан ташқари, электронлар, жуда ҳаракатчан зарралар сифатида, тўсиқдан эркин ўтади ва оғир мусбат ёки манфий ионлар, гарчи тўсиқ томонидан кечиктирилса ва унга ётқизилган бўлса-да, қолган оралиғнинг электр майдон расмини бузмасдан тўсиқ юзасининг кичик қисмини заряд қилади.

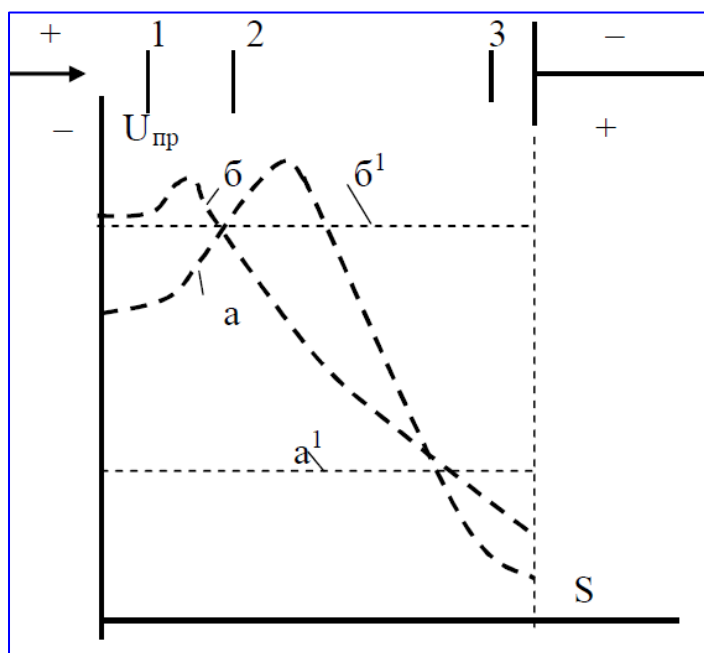
2).Юқори кучланиш ҳудудидаги тўсиқ - самарали ҳолат

Бу ҳолатда, у стержень билан бир хил белги билан зарядланади. Агар стержень ижобий бўлса, у ҳолда тўсиққа жойлашадиган мусбат ионларнинг кучли хажмли зарядини ҳосил қилиш билан кучли майдон ҳудудида ионланиш жараёни ҳосил бўлади; агар стержень салбий бўлса, унда катод юзасидан эмиссиядан кейин тезлигини йўқотадиган электронларнинг нейтрал молекулаларини ушлаш томонига, кучли электр майдонининг асосий

майдонида ионланиш жараёни содир бўлади. Бинобарин, салбий ионларни кечиктирадиган тўсиқ бир хил белги билан зарядланади. Зарядланган тўсиқ текисликнинг электродига айланади ва оралиғнинг тешиш қобилятини аниқлайди, яъни, стерженьдаги электр майдонини тенглаштиради (кучланишни камайтиради), энди тешилиш тўсиқ - текислик бўшлиғидан бошланади. Бир хил майдон (тўсиқ - текислик) бўлган интервал учун катта потенциал фарқ талаб қилинади.

3). Заиф электр майдонининг текислик яқинидаги тўсиқ (1.6-расм.)

Ионланиш минтақаси бу ерда жуда заиф, гарчи у ҳозирги вақтда текисликда жойлашган бир хил белги ионларининг шаклланишига тўғри келади. Салбий текислик билан эркин электронлар катод юзасидан чиқиб, заиф электр майдонига киради ва катта эҳтимол билан нейтрал молекулалар томонидан ушланиб, катод минтақасида заиф салбий заряд ҳосил қилади.



1.6-расм. Стерженьдаги турли хил қутбларда тўсиқ билан стержень текислигидаги оралиғдаги разряд кучланишини тақсимлаш: а-ижобий таёк билан; б - салбий билан; а' , б' - бу оралиғнинг мос равишда ижобий ва салбий стержень билан тўсиқсиз разряд кучланишлари

Биобарин, заиф майдон худудида бўлган тўсиқ салбий белги билан зарядланади, электрод сифатида разряд бўшлиғини камайтиради ва оралиғнинг разряд кучланишини сезиларли даражада камайтиради, чунки стержень - тўсиқ оралиғидаги кучланиш кучаяди.

1.5. Узоқ ҳаво оралиғларида разрядни ривожланиш механизми

Разряднинг етакчи босқичи

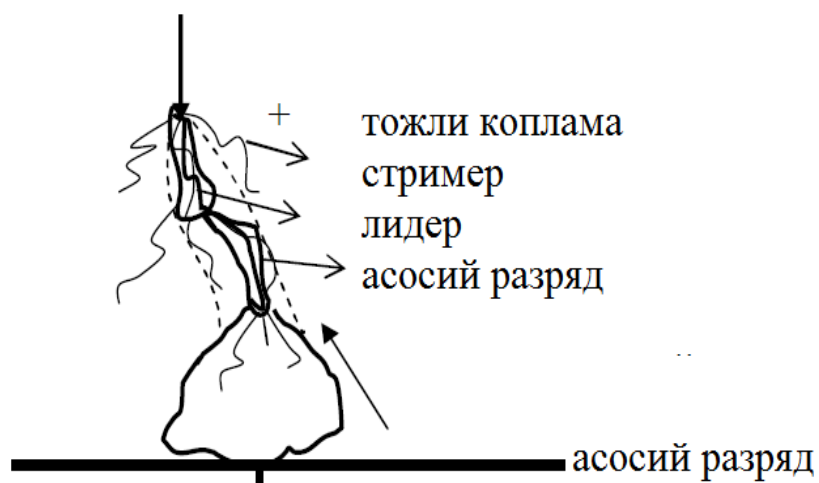
Узунлиги 1 м ва ўнлаб метрдан ортиқ бўлган ҳаво оралиғларида разряд янги шаклга эга бўлади. Стримерларнинг ўтказувчанлиги энди электродлар ўртасида яхши ўтказувчан канал яратиш учун етарли эмас ва разряд янги етакчи босқичида стримерлардан бирининг изидан пайдо бўлади. оралиғларнинг разрядланиш кучланишлари ионлаш жараёни бошланадиган электроднинг ижобий қутбланиши билан пастроқ бўлганлиги сабабли, асосий эътибор ижобий етакчини ўрганишга қаратилади. Жараён электродда кичик эгрилик радиуси бўлган кучли тож қобиғини ҳосил қилиш билан бошланади. Кейин тожнинг минтақасидаги ўтказувчанлик иккиламчи жараёнлар (газ ҳажмидаги фотоионизация) туфайли ортади ва стример канали ҳосил бўлади. Стример каналидан электронлар анодга интенсив равишда ҳаракатланади. Разряд бўшлиғининг кичик умумий кучи ва паст ўтказувчанлик туфайли стример канали оралиғқа чуқур кирмайди, балки заряд концентрацияси ва ҳароратнинг ошишига ёрдам беради. Стример канали соҳасида кучланиш кучаяди ва оралиғ ҳажми соҳасидаги янада интенсив термал ионланиш зарядланган зарралар (мусбат ионлар), ўтказувчанлик ва ток зичлигининг ошишига ёрдам беради. Натижада, стример канали яхши ўтказувчи етакчи - плазма ҳолатига ўтади. Етакчи каналидаги зарядларнинг концентрацияси 10^{18} ион/см³ га етади, ток – юзлаб ампер, плазма – каналдаги модданинг ҳолати. Етакчи стримернинг охирига етганда, пауза бўлади. Бу вақтда у электроддан чиқадиган металл стерженга ўхшатилади. Етакчининг охирида юқори кучланиш тож қобиғини, кейин стримерни ва кейинчалик янги етакчини ва

бошқаларни шакллантиришга олиб келади. Разряд ривожланишининг бундай механизми 1-2 кВ/см нисбатан ўртача электр майдон кучида узок масофаларни босиб ўтишга имкон беради. Етакчи каналининг бу хусусияти ўта юқори кучланиш узатиш линиясининг учкунли тож бўшлиғида изоляция даражасини танлашда қийинчиликлар туғдиради.

Салбий етакчининг шаклланиши ҳолатида электрон оқими стержень – катод электродидан йўналтирилади. Етакчи канал катоддан униб чиқади, бу ерда катод минтақасидаги кучланиш пасайиши оралиғ ҳажмида зарба ионланишини қўллаб-қувватлайди ва натижада эркин электронлар етакчи каналга киради. Тохтатиш таъсир етакчи томонидан ионланмайдиган зонага олиб бориладиган хажмий манфий заряд томонидан яратилади. Салбий етакчининг олдинга силжиши қийин ва оралиғни тўлиқ синдириш учун юқори кучланиш талаб қилинади.

Узун оралиғдаги асосий разряд

Етакчи - қарши электродга етиб борган пайтда, разрядланишнинг янги босқичи-асосий оқим бирлаштирилади. Асосий разряд жараёни табиатда момақалдирок деб аталадиган оқинди тўлқинидан бошланади.



Расм – 1.7. Етакчининг асосий тоифага ўтиш схемаси

Ушбу ҳодиса зарядланган заррачаларнинг (мусбат ионларнинг) етакчи каналдан электрод - ерга етиб бориши, етакчининг потенциали билан боғлиқ бу нуқта бир зумда нолга етади ва ҳозирги пайтда ток $i = q \cdot \dot{q}$, яъни заряд зичлиги q (к/м) ва унинг оқим тезлиги - $\dot{q}$ (м/с) билан баҳоланади.

Келажакда каналдаги заряд зичлиги ва электронлар ҳаракати тезлигининг ошиши туфайли асосий разрядланиш канали биринчи электрод томон ҳаракатланади. Зарядланган зарралар етакчининг шаклланиши пайтида тож ҳодисасидан асосий разряд каналига етказиб берилади.

Узун оралиғдаги учқун

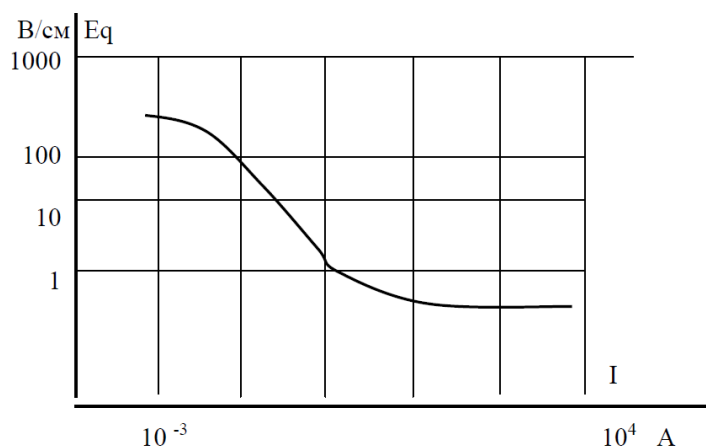
Асосий разряд карама - қарши электродга (биринчи стержень) етганда, жараён юқори ўтказувчанлик ва ҳароратли плазма канали орқали электродларнинг қисқа туташуви билан тавсифланган янги босқичга ўтади-бу учқун босқичи. Юқори кучланишли электр тармоқларида узунлиги 1 м дан ўнлаб метргача бўлган изоляцион оралиғнинг бузилиши билан тавсифланган коммутация ёки атмосфера ўта кучланиш импульслари билан учқун чиқиши мумкин. Учқуннинг хусусияти вольт-ампер характеристикаси

$E = f(I)$ ва қаршилиқ ($R = E/I$) бўлиб чиқади. Каналнинг шаклланиши билан бирга учқунлар асосий оқимнинг дастлабки босқичидан акустик зарба тўлқинини боғлайди, бу қулоқга дарс кетиш товушидек қабул қилинади. Чақмоқ уриши электр узатиш линиялари, дарахтлар ва баланд бетон конструкциялардаги таянчларнинг бўлинишига олиб келади. Импульсли учқуннинг, масалан, тармоқнинг иш кучланиши билан қўллаб-қувватланадиган ёй разрядига ўтиши жуда муҳимдир. Ушбу ўтиш учқун каналидаги энергия нисбати билан белгиланади, у ўзгарувчан кучланиш фазасига нисбатан импульс разряд моментининг тасодифийлиги ва барча учқун чиқариш жараёнларининг статистик табиати билан белгиланади. Курчатов И.В. томонидан очилган, 10^6 А ва юқори разрядланган газнинг жорий параметрлари билан учқун каналидаги "пинч - эффекти" ҳодисаси,

шунингдек, канал ҳарорати ўнга етадиган ўз магнит майдони таъсирида учкун каналининг характерли сиқилиши, ТОКОМАГ-5 ва – 10 МХД (магнитогидродинамик) генераторларини ишлаб чиқиш имконини яратди, бу ерда бир неча сония ичида барқарор юқори ҳароратли плазма сақланади.

Узун оралиғлардаги ёй

Бу кучланиш манбасининг чексиз қувватида электродлар орасидаги диэлектрик оралиғнинг ионланиш ҳолатининг разрядланиш оралиғининг кучига нисбатан ҳодисаси. Ёйнинг деярли бутун узунлигини плазма устуни эгаллайди, унда заряд зичлиги 10^{18} ион/см³ га етади. *E* ёйи устунидаги электр майдони энергияни электронлар ва ионларга узатади ва у асосан юқори ҳаракатчанлиги туфайли электронлар томонидан қабул қилинади. Тўқнашувларда электронлар молекулаларга энергия беради, уларнинг кинетик энергиясини оширади, бу эса газ ҳароратининг ошишига олиб келади. Юқори босимларда (атмосфера) ҳарорат 4000 - 1500 К оралиғида ётади, бу газ ҳажмида интенсив термал ионланишни таъминлайди. Кейинчалик, эркин электронлар ёй томонидан иситиладиган катоддан термоэлектрон эмиссия туфайли ёй устунига киради. Катоддан эркин электронларнинг интенсивлиги катоддаги кучланиш пасайишига боғлиқ бўлиб, унинг қиймати атиги бир неча ўн вольтни ташкил қилади. Агар бу кучланиш плазма устунидаги кучланиш пасайишига нисбатан жуда кичик бўлса, ёй чизиқли деб аталади. Энергия асосан плазма устунида чиқарилади, шунинг учун узун ёйнинг хусусиятлари ва унинг барқарорлиги бутунлай ёй устунидаги жараёнларга боғлиқ. Юқори кучланишли қурилмаларда ҳаводаги ёйлар деярли ҳар доим узун бўлади. Ёйнинг вольт-ампер характеристикаси ёй устунининг термал инерцияси туфайли чизиқли эмас (расм -1.8).



Расм – 1.8. Ҳаводаги очик ёйнинг вольтампер характеристикаси (А. Е. Майкопарга кўра)

1.6. Қаттиқ диэлектрик юзаси бўйлаб газдаги разряд

Қаттиқ жисмли диэлектрикнинг куруқ юзасидаги разряд

Қаттиқ диэлектрикнинг куруқ юзасида разрядланиш қаттиқ диэлектрикнинг (изоляторнинг) куруқ юзасида иккита электрод ўртасида бузилиш содир бўладиган потенциал фаркга куруқ разряд кучланиши дейилади. Барча изоляцион тузилмаларда сиртдаги оқимни ажратиш мумкин: кескин бир ҳил, бир оз бир ҳил бўлмаган ва бир ҳил электр майдонларида. Стример каналининг ривожланиш механизми қаттиқ диэлектрик юзасига улашган газ қатламида жойлашган, шунинг учун спектрографик маълумотлар диэлектрикнинг кўчкиси йўқлигини кўрсатади. Газ молекулаларининг фотоионизацияси натижасида ҳосил бўлган иккиламчи кўчкилар ток каналига оқиб тушади ва уларни оралиғ чуқурлигига айлантиради. Стример каналидаги ҳарорат 2200 К гача ва узоқ вақт оралиғида канал шаклланишининг етакчи шакли 6500 К гача бўлади. Оммавий заряд сиртга жойлашади ва унинг ҳолатига (қўполлик, чанг ва намлик) қараб, разряд бўшлиғи майдонини бузади. Агар стример разрядининг канали ўзининг ривожланишидан кейин йўқолса, у холда у сирпанувчи ёки тожли деб аталади. Ўзгарувчан кучланишда ва кескин бир ҳил бўлмаган электр

майдонида диэлектрик юзасида ҳар бир ярим даврда кичик эгрилик радиуси бўлган электродда аниқ сирпанувчи разряднинг каналлари пайдо бўлади.

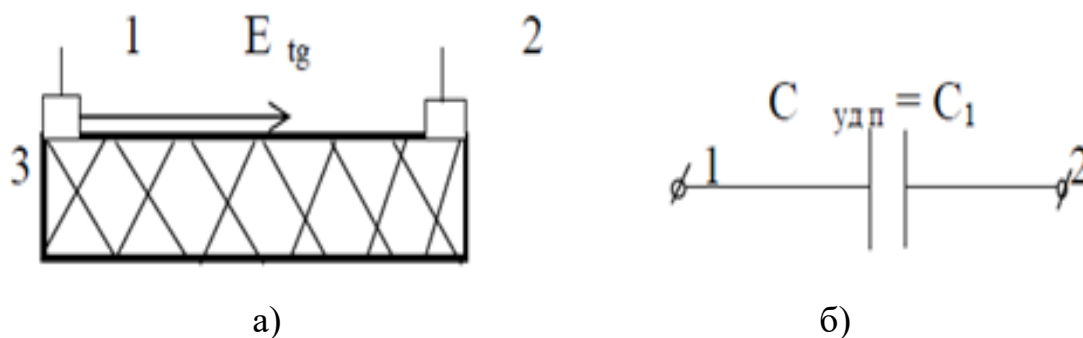
Теплер бўйича қоплама кучланишининг мумкин бўлган қиймати

$$U_p = K \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{\text{ўр}}}{C_{\text{сол.юз.}}^2}} \left(\frac{1}{20 \sqrt{\frac{dU}{dt}}} \right) \quad (1.20.)$$

бу ерда $C_{\text{сол.юз.}} = e' \cdot 10^{-12} / (4 \cdot \pi \cdot 0.9 \cdot d)$, Ф/см² солиштирма бирли юза сиғими; $L_{\text{ўр}}$ – электродлар орасидаги масофа, разряднинг канали узунлиги, см; dU/dt – қўлланиладиган кучланишнинг ўзгариш тезлиги, кВ/мкс; K – электродларнинг қутбланишига, уларнинг кучланиш конфигурациясига ва шаклларига боғлиқ коэффициент ((экспериментал маълумотларга кўра топилган); $e' = e \cdot e_0$ – мутлақ диэлектрик доимилик; e – солиштирма диэлектрик доимийлик; (шиша учун 7-8, чинни учун 5 – 6); $e_0 = 8,86$ кВ см – вакуум учун; d – диэлектрик қалинлиги, см.

Саноат кучланиш частотасида электродда сирпанувчи разряд ёки тож пайдо бўлишини қуйидагича топиш мумкин

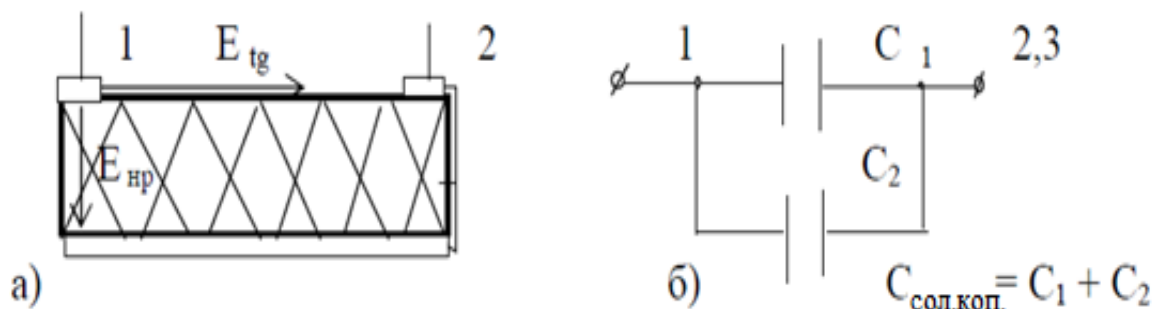
$$U = 1,36 \cdot 10^{-4} / C_{\text{сол.коп.}}^{0,44}, \text{ кВ айни пай.} \quad (1.21)$$



Расм – 1.9. Электродларнинг изолятор юзасида жойлашиши (а) ва кучланишни топиш учун икки электродли алмаштириш даври (б) (1 ва 2 - электродлар; 3 - диэлектрик).

Изоляторнинг куруқ юзасидан қоплаш кучланишини ҳисоблаш учун куйидаги схемаларни кўриб чиқиш мумкин. 1.9-1.10 расмлардаги схемаларда, электр майдон кучли потенциал фарқ да электродлар орасидаги пайдо бўлади: E_{tg} -тангенциал (расм 1.9); E_{tg} - тангенциал ва E_n - нормал (расм 1.10); $C_{сол.коп.} = C + C$.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, юқори кучланиш кичик эгрилик радиусининг электродларида жойлашган ва шунинг учун ионлаш жараёни ёки разряд каналининг ривожланишининг бошланиши бу соҳада бошланади. Кучли электр майдони ҳудудида ёки кичик эгрилик радиуси бўлган электродда тўсиқни ўрнатиш орқали кучланишни камайтириш мумкин, ҳаво орқали каналнинг ривожланиши тўлиқ амалга оширилади ва импульсдан кейинги куч ёйи. бир-бирининг устига тегмайди ва электрод юзасига ёқмайди. изолятор, шунингдек, тож ҳодисасини истисно қилади.



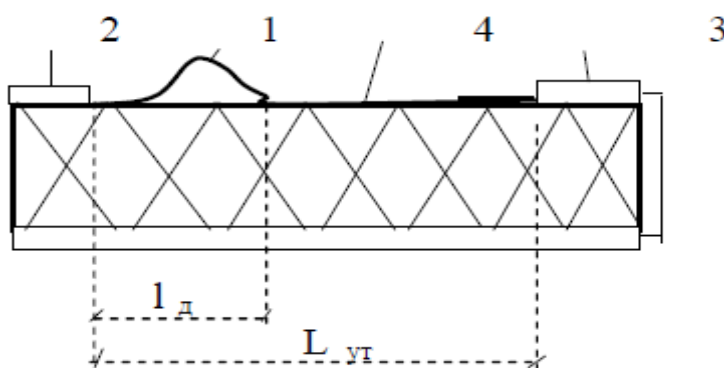
Расм – 1.10. Изолятор юзасида электродларни жойлаштириш схемаси (а) ва қоплама кучланишини ўрганиш учун уч электродли алмаштириш схемаси (б) (1,2,3-электродлар; 4-диэлектрик).

Бундай қурилмалар изолятор юзасида қовурғалардир. Қовурғалар кучли электр майдони ҳудудида ёки кичик эгрилик радиуси бўлган электродда жойлашган бўлиб, улар ҳаво орқали каналнинг ривожланишига тўлиқ бардош беради ва импульс қопламасидан кейин куч ёйи тегмайди ва

изоляциянинг сиртини куйдирмайди, шунингдек, тож ҳодисасини йўқ қилади.

Изолятор юзасидаги нам разрядли кучланиши

Изолятор юзасининг намланиши ёмғир, шудринг ёки туман натижасида содир бўлади. Электродлар орасидаги доимий намлик плёнкаси ўтказувчанликнинг ошиши туфайли токнинг 5 дан 100 мА гача ошишига олиб келади. Ток зичлиги юқори бўлган жойларда (кичик эгрилик радиуси бўлган электрод - илмоқ, штырь, қопқоқ) катта миқдордаги иссиқлик чиқарилади, бу изолятор юзасини қуриштишга ва кейинчалик қурилган майдонда ва қопланиш кучланиши пасайиши кескин ўсишига ёрдам беради. Бундай ҳолда, юқори ҳароратли ёйнинг тиркаш нуқтаси сув плёнкасининг четида жойлашган ва у қуриганида ҳаракат қилади (расм 1.11).



Расм – 1.11. Изоляторнинг намланган юзасида қисман тутқунлаш 1; 2, 3- электродлар; 4-сув плёнкаси

Электродлар орасидаги электр занжири учун 2 - 3 амал қилади

$$U_{\text{коп.}} = l_{\text{киш.}} \cdot E_{\text{киш.}} \cdot (I_{\text{окиш.}}) + I \cdot R \quad (1.28)$$

бу ерда $U_{\text{коп.}}$ – электродлар орасидаги қопланиш кучланиши 2-3; $E_{\text{киш.}}$ ($I_{\text{окиш.}}$) – токнинг функцияси сифатида тутқунлашдаги кучланиш градиенти; ($I_{\text{окиш.}}$) – тутқунлашнинг узунлиги ёки оқиш йўли; $R = f \cdot (L_{\text{оқиш.}} - l_{\text{киш.}})$ сув

плёнкасининг қаршилиги, бу ерда $L_{оқиш.}$ электродлар орасидаги оқиш йўлининг узунлиги 2-3.

Агар хосила $dI_{оқиш.}/dl_{қиш.} > 0$ бўлса, у ҳолда қуририлган қисмнинг тутқунлашни узунлиги $l_{қиш.}$ ошиши билан ёйдаги ток ошиб боради, ёйнинг тиркаш нуқтаси қарама-қарши электродга 3 ҳаракат қилади, изоляциян оралиғнинг копланиши тўлиқ тугагунига қадар. Агар $dI_{оқиш.}/dl_{қиш.} < 0$ бўлса, тутқунлаш бузилади, шундан кейин қуририлган майдон яна намланади, кейин қуришти, тутқунлаш шаклланиши ва ҳоказо, яна содир бўлади. Бу ҳодиса қоплама ёй деб аталади. Қоплама иссиқлик хусусиятига эга, секин ривожланади ва изоляцияга ишчи кучланишининг узоқ вақт қўлланилиши билан кузатилади. Нормаларга мувофиқ: 3 мм/мин интенсивлиги билан ва унинг йўналиши изоляция ўқиға 45° бурчак остида ёмғир бўлса, намланган сирт бўйлаб разряд кучланиши нам разрядланиш деб аталади. $U_{н.р.}$, бу электродлар орасидаги ток оқиши йўлида сув плёнкасининг қаршилиги пастроқ. $U_{н.р.}$ -да разряд узунлиги изоляторнинг қурилиш баландлигига мутаносиб ($l_{н.р.} = H_{эф}$). Нам разрядли градиенти $E_{н.р.} = U_{н.р.}/H_{эф}$ изоляторнинг баландлигига боғлиқ эмас, лекин сирт ривожланишига боғлиқ ва 2,1 - 2,4 кВ/см оралиғида, шунингдек, оқиш йўлининг узунлигини қурилиш баландлигига $l_{эф}/H_{эф}$ нисбатига; унинг қиймати ўзига хос сирт ўтказувчанлигига ва изоляторнинг эквивалент диаметрига боғлиқ ($\varnothing_{эк} = 1-3$ см) силлиқ сиртли ёки ривожланган шиша пластикдан стерженли изоляторини яратишга имкон берди.

Коммутация импульслари таъсири остида изоляция қисман ёй орқали қуруқ ёки намланган сиртда сирпанувчи разряд ривожланиши билан ўтади. Коммутация нам разрядланиш кучланишининг қиймати қуйидагича аниқланади

$$U_{н.р.} = k_{\tau} \cdot U_{н.р.} \quad (1.23)$$

каерда $U_{н.р.} < U_{ўр.}$, ва импульс коэффициенти $k_t = 1 + 0,5 (U_{ўр.} / U_{н.р.} - 1)$ ва бир импульс давомийлиги учун 3-5 мкс-да бирликка янада яқинроқ, коммутацион импульсларни давомийлиги қанча кўп бўлса ва $U_{н.р.}$ –ни $U_{ўр.}$ -га яқин бўлиши.

Коммутацияга қараганда анча қисқа муддатга эга бўлган импульслар таъсири остида ($\square_i = 0,1 - 0,15$), разряд канали изоляторнинг сирт сиғими орқали юқори ток ва кучланиш ўзгаришининг юқори тезлиги билан туташади. Намлаш ва ёмғир $U_{ўр.}$ қийматига таъсир қилмайди ва разряд канали изолятор юзасига унинг профили бўйлаб яқинлашади (қапишади). Бундан ташқари, чақмоқ пулсининг частотаси қанчалик юқори бўлса, сув плёнкасининг фаол ўтказувчанлиги билан солиштирганда изоляторнинг сиғимли ўтказувчанлигининг ортиқча бўлиши ва унинг кучланишни тақсимоти таъсири кичик бўлиб чиқади.

Изоляцион конструкция учун $U_{ўр.}$ -ни баҳолаш импульс кучланиш генераторидан стандарт кучланиш тўлқини (1,5/40 мкс) таъсирида стержен ёки стержень – текислигидаги ҳаво оралиғларининг импульс кучининг егри чизиқлари ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Қуруқ разряд кучланиши изолятор юзасига таъсир қилувчи атмосфера босими, ҳарорат ва намликка боғлиқ:

$$U_{ўр.} = U_{ўр.н.} \cdot \delta/k \quad (1.24)$$

бу ерда $U_{ўр.н.}$ – нормал шароитда изоляторнинг қуруқ разрядланиш кучланиши (1013 Па, 20°C, 65% намлик ёки 1 м³ ҳавода 11г сув); δ - ҳавонинг нисбий намлиги ($\delta = 0,386 p_0 / (273 + t^{\circ}C)$); k -тузатиш коэффициенти ($k = (0,15 \delta_1/11) + 1,15$); бу ерда δ_1 психрометр бўйича нисбий намлик.

δ/k коэффициенти денгиз сатҳидан баландликка боғлиқ ва эҳтимоллик қийматидир. Босимни тузатиш коэффициенти денгиз сатҳидан баландликка ҳам боғлиқ.

$$K_p = 0,5 \cdot (1 + p / 760) \quad (1.25)$$

у ҳолда кейин $U_{н.р.} = U_{н.р.н.}$ баъзи фарқ билан изоляторлар барча турлари учун K_p .

Изоляторлар шодасининг $U_{н.р.}$ сувнинг солиштира ўтказувчанлик ва ёмғирнинг интенсивлиги таъсир қилади. Меъёр талаби бўйича ёмғирни интенсивлиги: 3 мм $\pm 20\%$, $\gamma = 100 \cdot 10^{-6}$ 1(Ом см). Интенсивликни камайиши ва ўтказувчанликни пасайиши билан изоляторларнинг $U_{н.р.}$ кўтарилади, шунинг учун эксплуатацияда ушбу ўзгариш коэффициент $K_\gamma = 1,1$ билан ҳисобга олинади.

Изоляция юзаси ифлосланганда, ифлосланиш қатламининг ўтказувчанлиги ёмғир қатламидан юқори ва, бинобарин, тутқунларнинг шаклланиши кескин ошади, $U_{ўр.}$ эса камаяди. Намланиш сиртдаги барча жараёнларни кучайтирадиган ярим ўтказувчан қатлам ҳосил бўлишига олиб келади. Бу туманлар, ёмғир ёғиши, қор ва музнинг эриши пайтида содир бўлади. Бу ҳодиса, айниқса, 1-5 дан 200-300 км радиусда қозонхоналар, кимё, металлургия заводлари, денгиз сувининг чайқалиши, муссон шамоллари, тупроқ чанглари (шўр ботқоқлар) пайтида изоляция учун хосдир. Изоляторнинг ифлосланган юзаси учун ифлосланган қатламнинг ўтказувчанлиги билан боғлиқ бўлган оқиш йўлининг узунлиги нормаллаштирилади (бу унинг қалинлиги ва ўзига хос электр ўтказувчанлиги). Шунинг учун шарт бажарилиши керак

$$L_{ок.эф} / U_\phi > L_{ок}, \quad (1.26)$$

бу ерда $L_{ок}$ – изоляторнинг оқиш йўлининг минимал рухсат этилган узунлиги; бу ерда $L_{ок.эф}$ – оқиш йўлининг самарали узунлиги, бу $L_{ок} < 4.0-5.2$ см/кВ_{а.п.} тузатиш омилидан кам); U_ϕ -изолятордаги фазадаги ишчи кучланиш. Хавфли туз конлари ва муссон иқлими бўлган қирғоқ бўйидаги денгиз ҳудудлари учун $L_{ок} = 4,0 - 5,2$ см/ см/кВ_{а.п.} қабул қилинади.

Изолятор юзасида қопланишнинг олдини олиш чоралари:

- кул тутқичлари ва филтрларини ўрнатиш, тутун қувурларининг баландлигини ошириш, тоза ёқилғи турига ўтиш орқали станциянинг кучли ОРУ атрофидаги атмосферани тозалаш;
- сиртни ифлослантирувчи табиий ҳодисаларни кўриб чиқиш: денгиз муссонли иқлими, шўр ботқоқ тупроқларидан шамоллар, бир-бирининг стрессига таъсир қилади;
- изоляция конструкциясини амалга ошириш: чиқишда томчилатиш қурилмаси, ярим ўтказгич билан қопланиши, органосиликон пасталари (глазурь) билан қоплаш, ёпиқ тақсимлаш қурилмаларининг тузулиши ва кабел линиялари, чиқишлар сонининг кўпайиши ва махсус изоляторларнинг тропикка чидамли тузилмалари;
- самарали оқиш йўлининг ошиши: колонкада ёки шодадаги изоляторлар сони, янги тузилмаларни ўрнатиш;
- иш кучланиши остида профилактика чоралари: тозалаш ёки ювиш, ўлчаш таёкчалари ёрдамида изоляторларни систерженн ўтказиш.

1.7. Қаттиқ изоляциянинг электр бузилиши

Ягона ва кўп композит изоляцион тузилмалар

Ягона тузилишдан ташкил топган ва ўзгармас электр изоляцион хусусиятларга эга бўлган изоляцион материалга битта композит конструкция дейилади. Бундай материалларга асосан кристаллар (мисот, шиша, чинни, керамика ва бошқалар киради). Муҳандисликда битта композит материаллар соф шаклда жуда кам қўлланилади. Техник диэлектрик кўп компонентли материалдир. Бундай материалнинг мисоли электр машинаси учун изоляциядир. Унинг таркибига қуйидагилар киради: юқори электр қуввати билан изоляцион тўсиқ (мисот, москваликлар, флогопитлар, шиша толали); механик тўсиқ, субстратлар (электр картон, қоғоз, пахта материаллари, шиша ленталар, фиберглас, жабдуқлар); боғловчилар ёки бирикмалар - ёпиштириш,

шимдириш (эпоксид, полиэстер, формалдегид битум ва бошқалар). Изоляция ажралиб туради: ҳарорат ошиши билан юмшатовчи ва кўчиб ўтадиган ТЕРМОПЛАСТИК (микалента) мустаҳкамлигини йўқотади, лекин ҳароратни ишчи ҳолатга пасайиши билан унинг электр изоляцион хусусиятлари тикланади; ҳарорат ошиши билан қулаб тушадиган ва ишчи ҳолатигача қайта тикланмайдиган, хусусиятларини йўқотадиган ТЕРМОРЕАКТИВ (мисот, монолит, ИЕС). Термопластик изоляциянинг электр изоляцион хусусиятлари анча юқори ва мақбул хизмат муддатига эга, аммо улар қиммат бўлиб, паст физик ва механик хусусиятларга эга. Термореактив изоляцияси юқори электр, физик-механик хусусиятларга эга ва камроқ эскиради, аммо, масалан, тож ҳодисалари таъсири остида, унда дендридлар ривожланиши мумкин - бу кучли электр майдонидаги материалнинг термал бузулиши. Электродларда карбонланган излар кўринишидаги эрозия ҳодисалари ҳам мумкин, бу оралиғнинг ўтказувчанлигини кескин ўзгартиради.

Бир компонентли конструкцияни электр тешилиш жараёни

Бир компонентли изоляция материалларининг қариш жараёнлари яхши ўрганилган. Уларнинг асосида материянинг ички тузилиши ва зарралар ва квазипартикулларнинг ўзаро таъсири, шунингдек механиканинг классик ва квант тасвирлари ҳақидаги аниқ ғояларга асосланган молекуляр кинетик назария ишлаб чиқилмоқда. Ушбу назария эҳтимоллар назарияси усуллари ва молекуляр электродинамика ва статистик физика қонунларига мос келади. Электр узатиш жараёнларининг самарадорлиги ва ташкил этилиши қуйидаги назариялар билан тасдиқланган:

1. Хиппен-Каллен назарияси (секундли электронлар билан зарба ионлашиш назарияси), унинг мезони – бу қаттиқ диэлектрикдаги электронлар авласи ҳосил бўлиши учун етарли шарт бўлиб, бу электронлар ўзаро тўқнашганда ва нейтрал молекулалар билан тўқнашганда ионизация энергиясига етади,

уларнинг ҳаракати эса электр майдони таъсирида содир бўлади, аммо икки тўқнашув орасидаги вақт давомида эмас;

2. Фрелих назарияси (тез электронлар билан зарба ионлашиш назарияси), бу назарияга кўра, электр майдони йўқлигида ионизация энергиясига яқин энергияга эга электронларнинг мавжудлиги учун маълум бир эҳтимоллик мавжуд бўлади. Ана шу электронлар эркин бўлиб, агар улар электр майдонига кирса, улар тезлашади ва ўтказувчанликнинг кескин ошишига, яъни электр токи орқали ўтказувчиликка олиб келади;

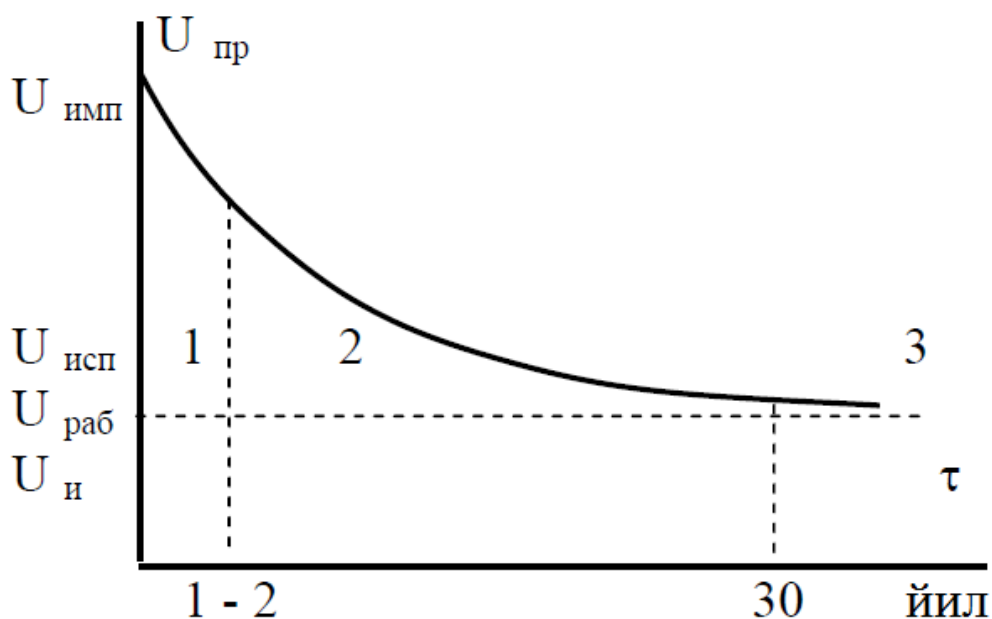
3. Электр токи орқали ўтказувчи квант механик назариялар:

- **электростатик ионизация назарияси**, яъни, кучланиш ўзгариши туфайли электронларнинг қатъий ўтказувчанликка кириши туфайли қаттиқ диэлектрикларда электронларнинг ўтказувчанлиги кескин ўсади, бу ўтказувчанлик зонасига тунел эффектини қўллаш орқали амалга оширилади.

- **зарб ионизацияси назарияси**, бу назарияга кўра, электр майдонининг етарли кучланишига эга бўлган электронларнинг ҳаракати, юқори даражадан пастга ёки нормал зонада юқори даражадан пастга ўтади ва бу ҳолда кристалл панжараси билан ўзаро таъсирда қисқарган электронлар кўчки ҳосил бўлади ва кейинчалик, электр майдони кучланишининг юқорига кўтарилиши туфайли бир электрон бошқа электронларга энергия беради ва уларнинг бирининг тўсиқни енгишга ёрдам беради ва бошқа зонага ўтади, яъни буларнинг барчаси диэлектрикнинг ўтказувчанлигини ёки электр тешилишига токи орқали ўтказувчанлигини рағбатлантиради.

Қаттиқ компонентнинг электр тешилиши

электр майдонидаги диэлектрикларнинг техник хусусиятлари уларнинг ишлаш вақти билан белгиланади (расм 1.12):

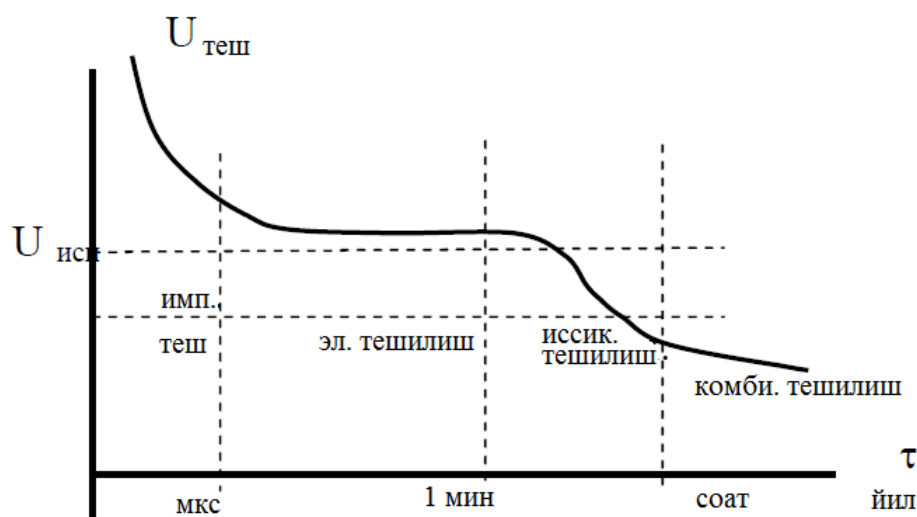


Расм – 1.12. Қаттиқ изоляцион композициянинг ҳаёт эгри чизиғи
1-иш даври; 2-иш даври; 3-диэлектрик бузилиш

Изоляцияга иш пайтида таъсир қилади:

- иш кучланишининг электр майдони, синов кучланишининг ошиши ва ўта кучланиш; - иссиқлик ва механик омиллар;
- электролитик ва бошқа эффектлар (ионизация, тож ва бошқалар). Ишлаб чиқаришдан олдинги даврда, изоляциянинг энг кўп бузилиши қайд этилганда, омилларнинг бутун мажмуаси изоляцияга алоҳида таъсир кўрсатади. Иш даврида изоляциянинг бузилиши камдан-кам учрайдиган ходиса бўлиб, унинг электр қуввати синов кучланишининг ошиши билан текширилиши керак. Ишнинг бутун даври давомида қуйидаги изоляциянинг бузилиши мумкин (расм 1.13.): пульс, изоляциянинг бузилиши (йўқ қилиниши) жуда қисқа вақт ичида (микросаниялар) таъсир қилувчи кучланишнинг сезиларли амплитудаси (момақалдирок ёки коммутация табиати) ва иссиқлик ҳосил қилмасдан содир бўлганда; электр, кучланиш амплитудаси ишлаётганга қараганда анча юқори бўлиб қолса ва унинг таъсир қилиш вақти алоҳида кутбланиш ҳодисалари билан солиштирилса ва

бузилиш пайтида иссиқлик ҳосил бўлмайди; иссиқлик бузилиши иссиқликнинг аниқ чиқиши ёки систерженн юқори бўлмаган кучланиш амплитудаларида изоляцияни иситиш билан тавсифланади; комбинацияланган-бу аниқ электролитик жараён ва материал тузилишининг ўзгариши билан иш кучланишига узок вақт таъсир қилиш ёки қисман разрядлар остида бузилиш.



Расм – 1.13. Техник диэлектрикнинг парчаланишининг Волт-вақтга боғлиқлиги

Ҳозирги вақтда Ю.Н. Вершинин назариясига кўра, импульсли электр кучини миқдорий энергия таҳлил қилиш усули ёки феноменологик назария мураккаб композициянинг электр кучини баҳолаш учун мавжуд. Усул электрон-тешик ўтказувчанлик механизми учидан бир неча юз микрон масофада юқори интенсивликдаги маҳаллий (кучли) майдон минтақасининг пайдо бўлишига олиб келганда, разряд бўшлиғидаги физик жараёнларни акс эттиришга асосланган. Иккинчиси энергия зоналарини эгиб, туннелнинг асосий заряд ташувчиларнинг учига ўтиши учун шароит яратади: электронлар - мусбат учига ва тешиклар - салбийга. Электронларнинг зарба ионланиши ва ўтказувчанлик тешикларининг кимёвий боғланишлар ҳосил бўлишида иштирок этадиган электронлар билан ўзаро таъсири мос келадиган

боғланишларнинг бузилишига ва асосий заряд ташувчиларнинг учига ўтишга олиб келади: электронлар - мусбат учига ва тешикларга - салбийга. Газ плазмасининг ҳосил бўлиши диэлектрикдаги термодинамик энергия баланси сифатида қаралади. Бундан ташқари, заряд энергия ташувчиларининг муҳим компоненти A_e диэлектрикининг бирлик ҳажмига ички энергияни ўзгартиришга сарфланади, унда тўлиқ бўлмаган парчаланиш каналининг дастлабки қисми содир бўлади. Бу диэлектрик парчаланиш учун энергия мезонидир. Қаттиқ диэлектрикларнинг импульсли электр қуввати:

$$U_{\text{теш}} = K_m \cdot K_p \cdot K(\tau, d) \cdot A_e^{1,1}, \quad (1.27)$$

бу ерда K_m -майдон шакли ва пулснинг поларитесини ҳисобга оладиган коэффициент; тизимдаги ижобий импульс учун учлик – текислик $K_m = 1$, стержень салбий электрод учун $K_m = 1,52$; шар - текислик учун $K_m = 1,82$; $K_p = 0.75 + 0.5 P$ парчаланиши эҳтимоли коэффициенти ҳисобланади; $K(\tau, d) = 3.55 d^{0.365} \tau^{-0.11}$ диэлектрик қалинлигига қараб бир коэффициент бўлади (см) ва кучланиш таъсир вақти (мкс); A_e диэлектрик энергия хос хусусияти ҳисобланади, ккал /см, ҳар бир тур учун индивидуал ва боғлиқликка кўра диэлектрикнинг молекуляр тузилишининг физик хусусиятлари ва хусусиятларига асосланади

$$A_e = (1,08 \gamma / M) \cdot (H_a + n \cdot W_{\text{и. мин}}), \quad (1.28)$$

бу ерда 1,08-зич газ плазмасига ўтиш коэффициенти; γ – диэлектрикнинг зичлиги, г/см; M – молекуляр оғирлик; H_a -молекуладаги атомларнинг умумий боғланиш энергияси, ккал/мол; n -минимал ионланиш энергиясига эга бўлган атомлар сони $W_{\text{и. мин}}$. Қарамлик бўйича ҳисобланган электр қуввати (1.27) ўрганилаётган материал учун экспериментал маълумотлар билан яхши мос келади.

2 - БОБ. ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИДАГИ ЎТА КУЧЛАНИШ

2.1. Чақмоқ ва унинг хусусиятлари

Чақмоқни ривожланиши

Чақмоқ – туфайли юзага келадиган табиий табиатнинг электр разряди. Момақалдироқ термал ва фронталга бўлинади. Ер юзасидан ҳаво оқимларининг ҳаракати ва оқимнинг кучли конденсацияси термал момақалдироқларнинг пайдо бўлишига олиб келади ва термал ва совуқ ҳаво оқимларининг яқинлашиб келаётган ҳаракати ва уларнинг ердан юқорига силжиган кучли конденсацияси фронтал момақалдироқларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Булутда айбловлар ажратилганда момақалдироқ деб ҳисобланади. Бундан ташқари, мусбат ионлар музлатилган томчи портлашидан кейин булутнинг юқори қисмига ҳаво оқими билан олиб кэтилади ва салбий ионлар пастки қисмга тушади. Ҳарорат фарқи туфайли ва ҳаракат пайтида бир томчи конденсат ташқи юзаси бўйлаб мусбат ион белгиси билан, ички қисми еса манфий билан зарядланади. Бинобарин, момақалдироқларни электрлаштиришнинг асосий жараёни салбий ҳудудлардан чақмоқ оқишига (90% гача) олиб келади ёки ерга салбий заряд ўтказди. Ташқи кўринишида момақалдироқ оқими чизиқли оқинди, шар чақмоқ ва жим оқимга бўлинади. Энг қизиқарлиси булутдан ерга, шунингдек булутдан булутга ва ҳавосиз космосга чизиқли зарядлардир. Биринчиси, 1,33 сониягача давом етадиган энг қаттиқ момақалдироқ ёки ташқи ўта кучланиш, узунлиги 3 - 10 км гача, кўпинча тахминан 1 км; улар бир нечта, зигзаг, тарвақайлаб, **лента ва ракета шаклида** бўлиши мумкин.

Шарли чақмоқ – бу чекланган ҳажмдаги космосда электростатик келиб чиқадиган плазма лахтаси. Ҳодисанинг физик манзараси ҳали ҳам ўрганилмоқда.

Тинч разрядлар – бу ердан баланд кўтарилган нарсалар (дарахт, иншоот, одам ва бошқалар) атрофидаги тож ҳодисаси.) кучли ионланиш зонасида жойлашган ва паст ўтказувчанликка эга.

Чакмоқ разрядининг физик тасвири

Маҳаллий ва хорижий олимлар томонидан олиб борилган тадқиқотлар узоқ электр зарядсизланиши ва булут ва ер орасидаги чакмоқ оқими ўртасида жуда кўп умумийликларни ўрнатди. Бироқ, чакмоқ зарядини тўлиқ симуляция қилиш мумкин эмас, чунки импульс кучланиш генераторининг конденсатор плиталари, булут ва ерни симуляция қилувчи стержень – текислик электрод тизими, электр занжири ва момақалди роқ булутти бир хил эмас, бу иккала белгининг вертикал тақсимланган зарядларининг комбинацияси сифатида қаралади, асосан вертикал равишда ўтказувчан бўлмаган булутнинг локализация қилинган ҳажмларида.

И.С. Стекольниковнинг стилизе қилинган схемасига кўра, чакмоқ разряди булутдан ерга йўналтирилган етакчи ёки олдиндан разряд жараёнидан иборат бўлиб, асосий разряд – ердан булутгача. Вақт ўтиши билан чакмоқ оқими ва электр майдонидаги ўзгаришларнинг фото – инверсиялари ва осциллограммаларини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, чакмоқ разрядининг етакчилик жараёни ҳар доим мавжуд ва асосий заряддан олдин бўлади. Чакмоқ разрядининг биринчи пулсида етакчи кейинги пулсларга қараганда секинроқ ривожланади ва рельефга қараб шохланма характерига эга. Унинг порлаши кейинги импульсларнинг узлуксиз порлашидан фарқли ўлароқ, интервалгача. Жараён тож қопқоғи соҳасида (узунлиги 10 дан 200 м гача бўлган қадамлар) тасодифан ўсиб чиқадиган разряд билан бошланади, шунинг учун биринчи етакчи поғонали стерженьга ўхшайди. Кейинчалик кучли нурга эга бўлган разряд боши кейинги разряд ва босқичларни ривожлантириш учун асос бўлиб хизмат қилади. Чакмоқ каналининг зигзагланиши жисмонан чакмоқ йўлини белгилайдиган ва унинг таъсир жойига ва объектнинг чакмоқ қаршилигига таъсир қиладиган биринчи

импульснинг ривожланишининг босқичма-босқич табиати билан изоҳланади. Ердан булутга биринчи пулснинг асосий чиқиши булут ва ер ўртасидаги ионланган канал орқали ривожланади. Асосий заряднинг ривожланишининг бошида етакчининг зарядининг кучли оқиши оқимнинг кўтарилиши ва потенциалнинг бир зумда тикланиши билан ифодаланади. Чақмоқ разряд каналидаги жисмоний расмнинг бундай ўзгариши акустик ҳодиса - момақалдироқ билан бирга келади. Асосий тоифанинг ривожланиш тезлиги етакчининг ривожланиш тезлигидан анча юқори ва 20 – 140 км/с ва давомийлиги – 50 дан 100 микросаниягача. Шу билан бирга, босқичма-босқич етакчидан олдин 200 км/с тезликда учувчи етакчининг шаклланиши билан ионланган жараён келади. қадам етакчиси ва асосий тоифадан ўтгандан сўнг, сониянинг бир неча юздан бир қисми пауза қилинади, сўнгра кейинги раҳбарни ва асосий тоифани шакллантириш жараёни қайд этилган. Агар етакчи ўзини баланд қаватли иншоотларга (40 м ва ундан кўп) йўналтирган бўлса, унда биринчи қадам етакчисининг ривожланиши тутагандан сўнг, асосий оқим бўлмаслиги мумкин, аммо кейинги босқичларда, айниқса тоғларда кузатилади. ёмон ўтказувчан тош билан.

Чақмоқ разряди параметрлари

Кутуплик. Ижобий ва салбий момақалдироқ булутидан чиқиндилар географик кенгликдан қатъи назар қайд этилиши аниқланди. Бироқ, аксарият ҳолларда, зарядсизланишларнинг кўплиги ҳали ҳам салбий кутбланишдан келиб чиқади. Шундай қилиб, мамлакатимизда 83% ҳолларда, 63% - АҚШда ва 93% - Швецияда салбий заряд булутдан ерга ўтказилади.

Пулслар сони. Чақмоқ зарядида унинг мавжудлиги давомида 2 дан 42 гача импульслар мумкин. Агар уларнинг такрорланиш частотаси 18 сонияда 22-1 импульс бўлса, унда инсон кўзи милтилловчи шаклида чақмоқ тушишини кузатади.

Фронт ва давомийлиги. Фронт – бу чақмоқ токнинг амплитуда қийматига кўтарилиш вақти ва электр тизимларида шовқин ва ўта кучланишни баҳолаш учун зарур бўлган параметр. Биринчи импульслар кейингиларига қараганда 55% узунроқ фронт томонга эга ва 5-20 микросанияда ётади. Юқори қаватли тузилмалардаги чақмоқ токи кичик қийматларда фарқ қилади (1 мкс -50%, 2 мкс -30%, 5 мкс -10%).

Давомийлиги – бу чақмоқ токининг амплитудаси қийматнинг 50% гача камаядиган вақт. Юқори қаватли тузилмаларга зарба берадиган чақмоқ разрядида чақмоқ кичик паст давомийлиги (50% дан 30 микросаниягача), 10% разрядларда оқим давомийлиги 130 микросаниягача. Чиқариш мосламаларининг хусусиятларини баҳолаш учун чақмоқ оқимларининг шаклини аниқлаш тавсия этилади ва ҳар бир мамлакат ўзига хосдир. Чақмоқнинг умумий давомийлиги 1,33 с гача, лекин 50% ҳолларда разряд 0,1 - 0,3 с гача давом этади.

Амплитуда ва тиклик. Чақмоқ токи чақмоқнинг қаршилиги орқали ўтганда экспонент равишда ўзгаради. Унинг амплитудаси ва тиклиги электр тизимлари ва иншоотларида яшиндан ҳимоя қилиш воситаларини тўғри аниқлаш учун дунёнинг барча момақалдироқ минтақаларида рўйхатга олувчилар томонидан қайд этилган. Бунинг учун хусусиятлар берилган (расм 2.1) чақмоқ тоқларининг тарқалиш эҳтимоли ва унинг тиклиги, ернинг текис юзасида чақмоқ оқимлари ва тиклигини ҳисоблаш мумкин:

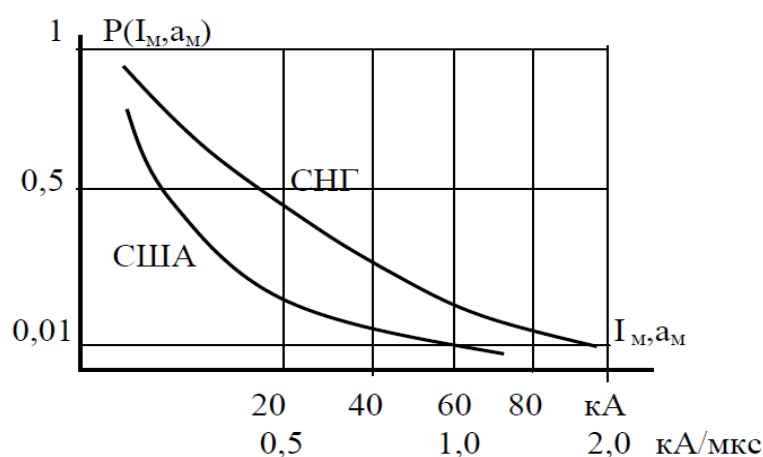
$$L_g P(I_m) = - I_m / 60, \text{ кА}; \quad (2.1)$$

$$L_g P(a) = - a / 36, \text{ кА/мкс},$$

бу ерда $P(I_m)$ ва $P(a)$ жорий амплитуда ва чақмоқ олдидаги тиклик эҳтимоли.

Мамлакатимизда 100 кА гача бўлган чақмоқ тоқлари тавсия этилади, АҚШда бу диапазон 65-80 кА билан чекланган ва электр узатиш линияларида

уларнинг амплитудаси коммутаторларнинг электр жиҳозларига етказиб бериладиган чақмоқ токининг амплитудасидан юқори. Чақмоқ токининг максимал тиклиги 50 кА/мкс дан ошмайди. 78% ҳолларда бу 3 кА/мкс дан ошмайди. Каттароқ тоқлар узунроқ тўлқин фронтларига ёки каттароқ тиклик тоқларининг катта эҳтимолига тўғри келади. 60 кА ва ундан юқори тоқлар оралиғида тўлқин олд қисми 2 микросониядан ортиқ, 60-20 ка оқимлари учун олд қисми 1 микросониядан ва ундан юқори, 20 ка дан кам оқимлар учун тўлқин фронтлари 1 микросониядан кам. Разрядловчи мосламалари ва ташқи изоляциянинг хусусиятларини аниқлаш учун, чақмоқ токининг фронт ва тиклигининг унинг амплитудаси ва тиклигига боғлиқлиги ҳақида маълумот расм 2.1 катта аҳамиятга эга.



Расм – 2.1. Амплитудаларнинг эҳтимоллик тақсимоли ва чақмоқ токининг тиклиги.

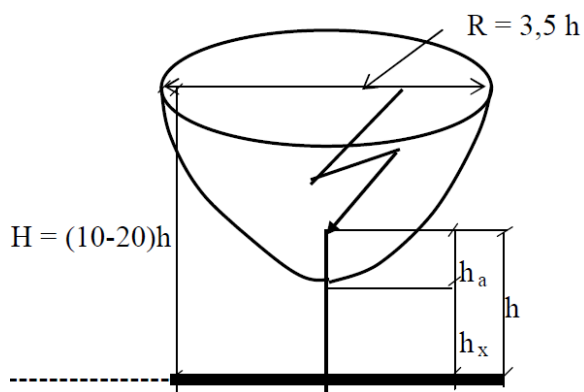
2.2. Яшин қайтаргичлар ва разрядловчи қурилмалар

Яшин қайтаргичларнинг тузулиши ва мақсади

Қурилмаларни ва электр жиҳозларини ҳимоя қилиш учун тўғридан-тўғри чақмоқ урадиган қурилма яшин қайтаргич деб аталади. Стерженли ва тросли яшин қайтаргичлар мавжуд, биринчиси вертикал стерженлар

(устунлар) шаклида, иккинчиси - электр узатиш устунларига горизонтал равишда осилган симлар шаклида. Яшин қайтаргич қурилмасига қуйдагилар киради: чакмоқ қабул қилгич - стерженнинг ёки тросли – ўтказгичнинг юқори қисми; тушиш – электр узатиш линиясининг устун ёки мачтанинг металл қисми; ерлантириш мосламаси – чакмоқ оқимини ерга ёйиш учун яшин қайтаргич остида ерга ясалган қурилма.

Стерженли яшин қайтаргичлари 10 м гача қувурли мачталар ва 40 м гача панжарали мачталар сифатида тайёрланади, тақсимлаш қурилмалари ва ишончли ерлантириш ўтказгичли иншоотларнинг томларига ўрнатилади. Тросли яшин қайтаргичлари ишчи ўтказгичлар устига электр узатиш линиялари таянчлари бўйлаб пўлат сим шаклида ётқизилади. Агар таянчлар ёғоч бўлса, кабелни таянчнинг ерлатиш ўтказгичига улаб, тушиш сифатида камида 16 мм пўлат шиналар ишлатилади. Таянчнинг ҳимоя таъсири маълум бир баландликда чакмоқ разряди етакчисининг йўналишида намоён бўлади. Бу 2.2 – расмга мувофиқ 100% чакмоқнинг шикастланиш зонаси.



Расм – 2.2. 100% чакмоқ уриш зонаси h – яшин қайтаргичнинг баландлиги; h_a -чакмоқ қабул қилувчиси; h_x -ҳимояланган объектнинг баландлиги; R - чакмоқ разрадлиниш зонасининг параболоидининг радиуси.

Яшин қайтаргичларнинг ҳимоя таъсири биринчи марта 1753 йилда тушунтирилган М.В. Ломоносов ва унинг шогирдлари томонидан. Етакчилик

босқичида зарядлар чақмоқнинг тепасида тўпланади, бу эса етакчи ва чақмоқнинг тепаси орасидаги йўлда электр майдон кучини кескин оширади, бу эса чақмоқнинг яшин қайтаргич атрофидаги яқин ва пастроқ объектлар эмас, балки яшин қайтаргичга уришини аниқлайди.

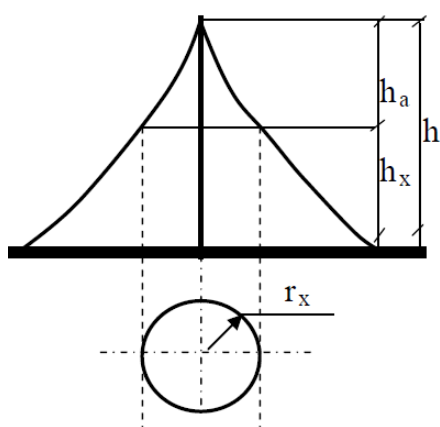
Стерженли яшин қайтаргичларни ҳимоя зоналари

Зонани ҳимоя қилиш **яшин қайтаргич** атрофидаги оралиғ деб аталади, унга тушиш эҳтимоли жуда паст. Ҳимоя зоналари, чақмоқни тахминий баландлигида H жойлашган, чақмоқ каналларини стержен орқали симуляция қиладиган моделларда аниқланади, стерженга эса импульс кучланиш генераторидан (ИКГ) кучланиш импульси берилади. Шикастланиш эҳтимоли юқори бўлган жойга яшин қайтаргич ўрнатилади. Шикастланиш эҳтимоли юқори бўлган жойга стершен – яшин қайтаргич ўрнатилади.

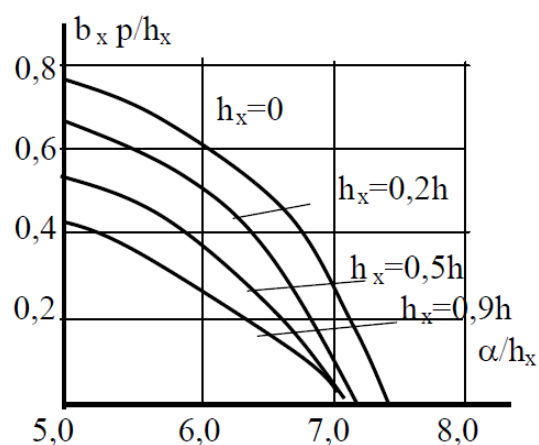
1). Битта чақмоқнинг ҳимоя зонаси. Ҳимоя зонасининг радиуси 2.3 – расм учун ҳисобланади

$$r_x = h_a \cdot 1,6 \cdot p / (1 + (h_x / h)) \text{ ёки } r_x = 1,5 (h - h_x / 0,92) \quad (2.2)$$

бу ерда коэффициент $p = 1$ для $h < 30$ м ва $p = 5,5 / h$, $h > 30$ м учун.



Расм – 2.3. Битта стерженли яшин қайтаргичнинг ҳимоя зонаси



Расм – 2.4. Икки яшин қайтаргичларнинг ҳимоя зонасининг кенлиги учун ҳисобланган эгри чизиклар

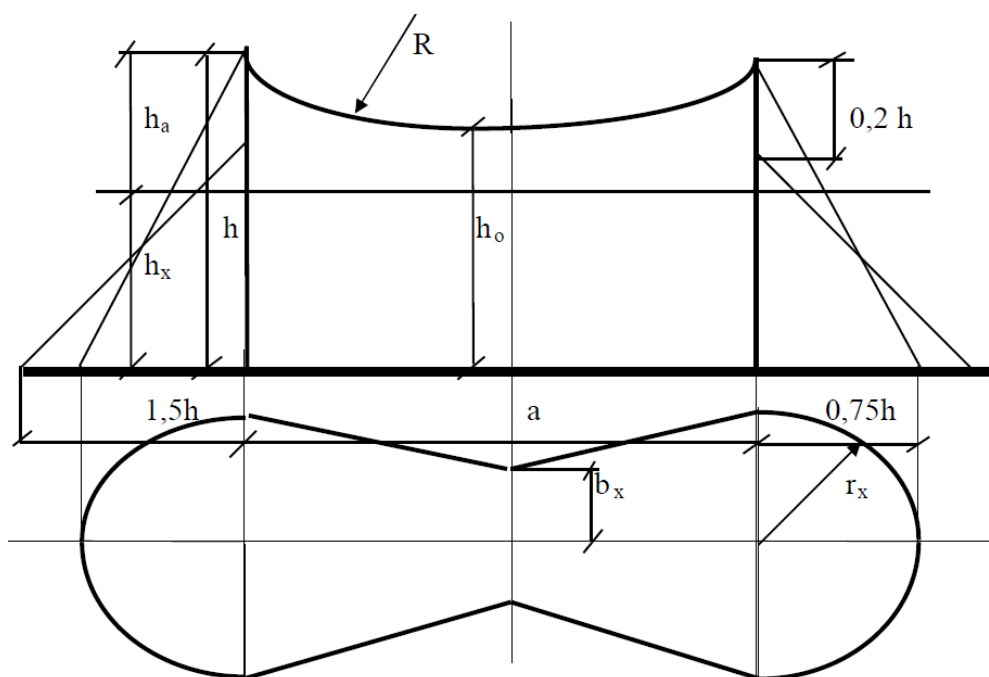
2). Икки яшин қайтаргичнинг ҳимоя зонаси. Бир хил баландликдаги иккита яшин қайтаргичларнинг ҳимоя қилиш зонаси $2.5 a$, расмга мувофиқ амалга оширилади. Агар $\alpha = 2 R = 7 h$ яшин қайтаргичлари орасидаги масофа бўлса, улар орасидаги сирт чақмоқ билан урилмайди. h_0 баландлигидаги яшин қайтаргичлар орасидаги нуқтадаги объект h баландликдаги яшин қайтаргичлар билан ҳимояланиши ва масофага ўрнатилиши мумкин

$$\alpha \leq 7 (h - h_0) p \text{ ёки } h_0 = h - \alpha / 7p, \quad (2.3)$$

бу ерда $h \leq 30$ м бўлганда $p = 1$; $h = 30 - 100$ м бўлганда $p = 30 / h = 5,5 h$.

Яшин қайтаргичларнинг ҳимоя зонасини ҳисоблаш уларнинг ёнида бўш жой қуришга қисқартирилади. Ҳимоя зонасининг радиуси r_x баландликда h_x (ҳимояланган юқори кучланишли ускунанинг баландлиги) ифода билан ҳисобланади

$$r_x = (h - h_x) 1,6 p / (1 + h_x / h) = h_a p 1,6 / (1 + h_x / h). \quad (2.4)$$



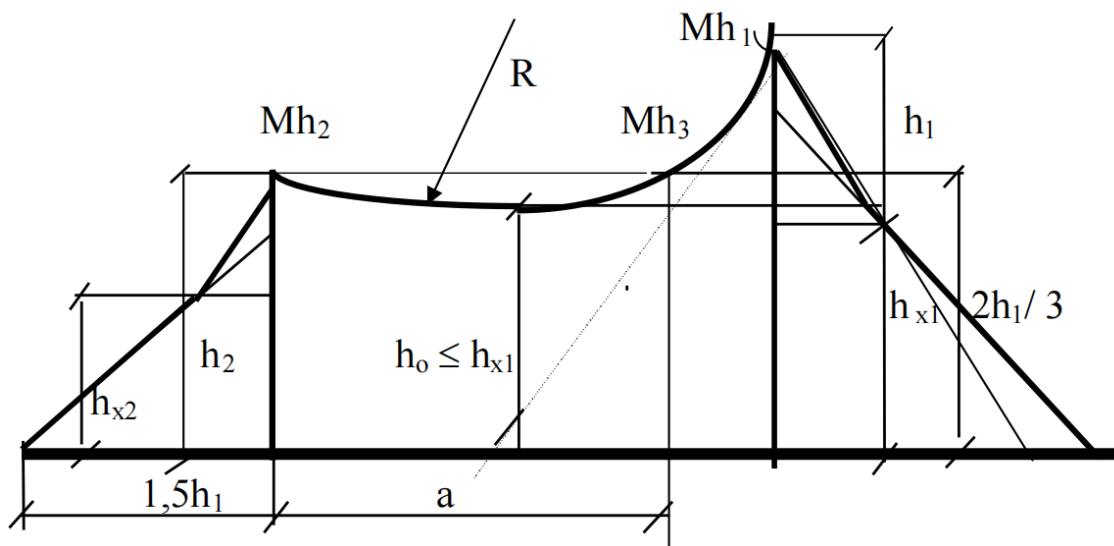
Расм – 2.4 а. Икки стерженли чақмоқнинг ҳимоя зонаси

Ҳимоя зонасининг кенглиги b_x баландликдаги яшин қайтаргичлар орасидаги ўртадаги объект учун h_x қарамлик билан топиш мумкин

$$b_x = 1,5 h_0 (1 - h_x / (0,8 h_0)). \quad (2.5)$$

Катта ҳудудда жойлашган станциялар ва подстанцияларнинг очик коммутаторлари объектлари бир нечта яшин қайтаргичлар билан ҳимояланган. Бундай ҳолда, ҳимоя зонасининг ташқи қисми иккита яшин қайтаргичнинг ҳимоя зонаси сифатида белгиланади. Бир нечта яшин қайтаргичларнинг ҳимоя зонасининг ички қисми қурилмайди. Баландликдаги h_x объект яшин қайтаргичлари томонидан ҳосил қилинган учбурчак ёки тўртбурчаклар ичида жойлашганда ҳимоя қилинади, агар яшин қайтаргичлари тепаларидан ўтадиган айлананинг диаметри ёки бурчакларида яшин қайтаргичлар жойлашган тўғрибурчаклар диагонали юқоридаги баландликда h_x тенгсизликка кўра каттароқ бўлмаса

$$D \leq 8 p (h - h_x). \quad (2.6)$$

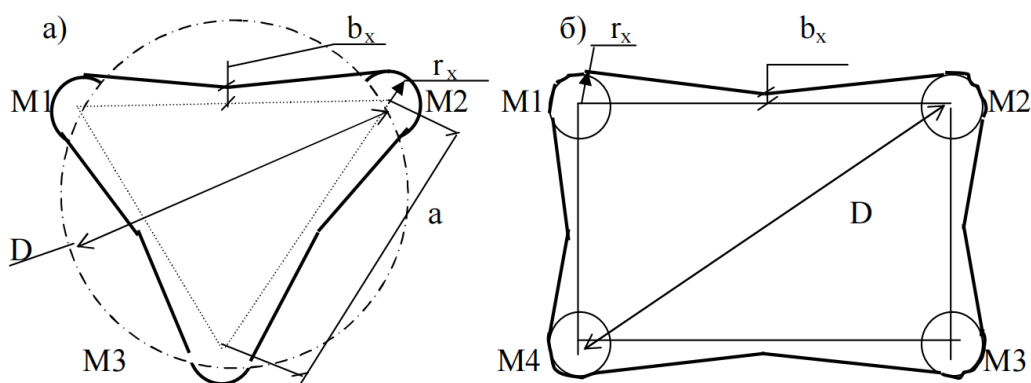


Расм 2.5. Турли баландликдаги иккита яшин қайтаргичнинг ҳимоя зонаси

Турли баландликдаги иккита яшин қайтаргичи учун расм 2.5 б, биринчи навбатда юқори баландликдаги битта яшин қайтаргич Mh_1 нинг ҳимоя зонаси қурилади, сўнгра Mh_2 яшин қайтаргичнинг юқори қисмидан Mh_1 ҳимоя зонаси билан кесишган горизонтал чизиқ чизилади, агар баъзи бир ҳаёлий яшин қайтаргич Mh_3 нинг юқори қисми ушбу кесишиш нуқтасига тўғри келади. Кейин, бир хил баландликдаги Mh_2 ва Mh_3 яшин қайтаргичлари учун a масофада ҳимоя зонаси қурилади: $r_x = 1,5 h (h - h_x / (0,8 h))$, агар $h_x \leq 2h / 3$, агар $h_x > 2h / 3$, то $r_x = 0,75 h (1 - h / h_x)$.

3) . Уч ва тўрт яшин қайтаргичларнинг ҳимоя зоналари. Станциялар ва подстанцияларнинг тақсимлаш қурилмаларининг катта майдони тўғридан-тўғри чакмоқ урушлардан бир нечта яшин қайтаргичлари билан ҳимояланган. Бундай ҳолда, 2.6-расмга биноан, ҳимоя зонаси ҳимояланган объектининг h_x баландлигини ҳисобга олган ҳолда иккита яшин қайтаргичнинг ҳимоя зонаси билан бир хил тарзда қўрилади, улар ўткир бурчакли учбурчак ёки тепаларида яшин қайтаргичлар ўрнатилган тўғри бурчаклар ичида жойлашган бўлиши керак. Учбурчакнинг тепасидан ёки тўғри бурчакнинг диагоналидан ўтадиган айлананинг диаметри шартни қондириши керак

$$D < 8 p h_0. \quad (2.6)$$



Расм - 2.6. Ҳимояланган объект h_x баландлигида учта (а) ва тўртта (б) яшин қайтаргичли ҳимоя зоналари

Икки яшин қайтаргичнинг ҳимоя зоналарини формулалар билан тавсифлаш мумкин: ҳимоя зонаси чегарасидан чақмоқ узилиши эҳтимоли билан $P_{пр} = 0,005$

$$\begin{aligned} h_o &= \begin{cases} a < h \text{ бўлганда } h_x; \\ a > h \text{ бўлганда } h_a - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot L) \cdot (a - h); \end{cases} \\ b_x &= \begin{cases} a < h \text{ бўлганда } r_x; \\ a > h \text{ бўлганда } r_o - (h_o - h_x)/h_o; \end{cases} \end{aligned} \quad (2.7)$$

чақмоқнинг ёриб ўтилиши эҳтимоли билан $P_{э.ў.} = 0,05$

$$\begin{aligned} h_{xmin} &= \begin{cases} a < h \text{ бўлганда } h_a; \\ a > 1.5 h \text{ бўлганда } h_a - 0.14(a - 1.5h); \end{cases} \\ b_x &= \begin{cases} a < 1.5 h \text{ бўлганда } r_x; \\ a > 1.5 h \text{ бўлганда } r_o - (h_{xmin} - h_x)/h_{xmin}; \end{cases} \end{aligned} \quad (2.8)$$

бу ерда r_x - ер сатҳидаги битта яшин қайтаргичнинг ҳимоя зонасининг радиуси ($h_x = 0$).

Агар масофа a , $3 h$ дан ошса $P_{э.ў.} = 0,005$ ёки $5 h$ да $P_{э.ў.} = 0,05$, кейин яшин қайтаргичларнинг ҳар бири битта деб ҳисобланади.

Тросли яшин қайтаргичлари учун ҳимоя зоналари

Бита тросли яшин қайтаргичлари учун ҳимоя зонасининг вертикал қисми стержен билан бир хил тарзда қурилган ва рақамли коэффицентлар 2.7 а-расмда кўрсатилган масофада жойлашган. 2.7 б - расмга мувофиқ электр тармоғидаги иккита паралел тросларнинг ташқи ҳимоя зонаси α , битта трос учун белгиланади. Доира ёйи учта нуқтадан ўтади: иккита трос орқали ва баландликдаги оралиғнинг ўртасидан

$$h_o = h - a / 4 \text{ p.} \quad (2.9)$$

Ўрта симни симларнинг горизонтал жойлашуви ва ораликдаги иккита трос билан ҳимоя қилиш шarti

$$a < 4 \text{ p} (h - h_x) = 4 \text{ p} (h_{\text{тр}} - h_{\text{э.й.}}) \quad (2.10)$$

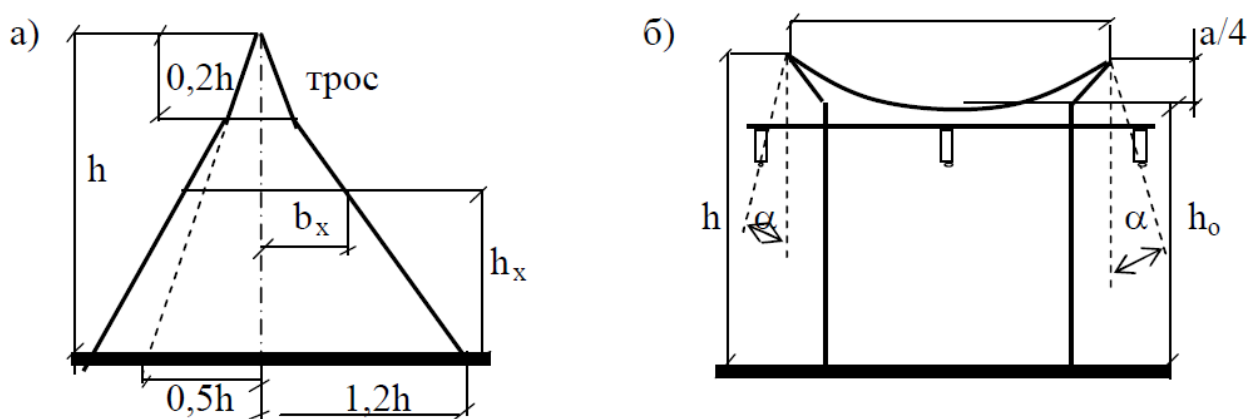
бу ҳар доим сезиларли захира билан амалга оширилади.

Кабелларнинг экранилаш эффекти одатда ҳимоя бурчаги α билан тавсифланади. α қанчалик кичик бўлса, чакмоқ кабел ҳимоясини ёриб ўтиш эҳтимоли шунчалик кам бўлади:

$$\lg P_m = (a h_{\text{уст.}} / 90) - 4, \quad (2.11)$$

бу ерда $h_{\text{уст.}}$ — таянч баландлиги.

Электр тармоғидаги битта кабелнинг ҳимоя бурчаги 35 - 220 кВ ни ташкил қилади $28^\circ - 35^\circ$ ва 500 кВ ва ундан юқори электр узатиш линиялари учун 23° дан ошмайдиган иккита трос билан.



Расм 2.7. Бир (а) ва иккита (б) тросли яшин қайтаргичларининг ҳимоя зоналари

Ерлантириш қурилмалари ва уларнинг хусусиятлари

Коммутатордаги ерлантириш ўтказгичлари вертикал электродларни боғлайдиган ва коммутатор майдонида тақсимланган панжара ҳосил қилувчи горизонтал металл чизиқлардан ясалган мураккаб тизимдир. Электр линиясида таянчларни ерлантириш темир-бетон пойдевор асосида амалга оширилади. Ерлантириш мосламасининг асосий характеристикаси-бу ернинг ерлантириш мосламаси орқали оқаётган чақмоқ оқимиға қаршилиги. Қаршилиқ ерлантириш ўтказгичининг геометрик катталиги ва тупроқнинг ўзига хос қаршилиги r билан баҳоланади. Биттали стерженли яшин қайтаргич ёки линия таянчи учун ерлантириш ўтказгичининг қаршилигини қуйидаги боғлиқликлар ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

вертикал қувур ёки стержен қаршилиги

$$R_B = (r / (2 \pi l) \ln(4 l (2 t + l)) / (d (4 t + l))); \quad (2.12)$$

горизонтал чизиқнинг қаршилиги

$$R_{гч} = (\rho / (\pi l)) \ln(1,5 l / \sqrt{b \cdot t}); \quad (2.13)$$

горизонтал фундаментнинг қаршилиги

$$R_{\phi} = (1,7 \rho / (2 \pi t)) \ln(4 t / b), \quad (2.14)$$

бу ерда l – қувур ёки чизиқнинг узунлиги; t - пойдеворнинг юқори учининг чизиғининг чуқурлиги; b – чизиқ ёки пойдеворнинг кенглиги; d – қувур ёки стержен диаметри.

ρ нинг ҳисобланган қиймати тадқиқот соҳасида ўтказилган ўлчовлар маълумотларига асосланади ва қуйидагича аниқланади

$$\rho = K \rho_{\text{ўзг}}, \quad (2.15)$$

бу ерда $K = 1,4$ -тупроқнинг ўртача намлиги учун мавсумий коэффициент;
 $K = 2,6$ ботқоқланган тупроқ учун бир хил; $\rho_{\text{ўзг}}$ - тупроқнинг ўлчанган қаршилиги.

Чакмоқ оқимини қабул қиладиган ерлантириш ўтказгичи концентрланган деб аталади. Импульсли тоқлар бундай ерлантириш ўтказгичидан ўтганда, учқун зонаси пайдо бўлади, бу ерлантиришнинг самарали ҳажмини оширади ва унинг қаршилигини пасайтиради. Бундай импульс қаршилиги иш частотасининг ўзгарувчан кучланишида ўлчанадиган стационардан импульс коэффициентининг $\alpha_{\text{и}}$ қиймати билан фарқ қиладди. Радиус ρ ва электр майдон кучи билан учқун зонаси чегарасида

$$E_{\text{пр}} = I \rho / (2 \pi r_{\text{и}} l), \quad (2.16)$$

$$\text{бу ерда} \quad r_{\text{и}} = I \rho / (2 \pi E_{\text{пр}} l) \quad (2.17)$$

Ерлагичнинг импульс қаршилиги

$$R_{\text{и}} = (\rho / (2 \pi l)) \ln(4 g l E_{\text{пр}} / (I^2 \rho)) \quad (2.18)$$

ва импульс коэффициент

$$\alpha_{\text{и}} = \ln(4 \pi l E_{\text{пр}} / (I^2 \rho)) / \ln(2 l / r) \quad (2.19)$$

улар нисбати бўйича ерлантириш ўтказгичининг стационар қаршилиги билан боғлиқ

$$\alpha_{\text{и}} = R_{\text{и}} / R. \quad (2.20)$$

Кенгайтирилган горизонтал ерлатиш ўтказгичи учун нокулай ҳисоб-китоблар билан боғлиқ бўлган учкун жараёнларини ҳисобга олмасдан, импульс коэффициенти

$$\alpha_{и} = 1 + (L_0 l / (3 \tau_{\phi} R)), \quad (2.21)$$

бу ерда $L_0 = 0,2 (\ln(l / r) - 0,31)$ - горизонтал ерлатиш ўтказгичининг бирлик узунлигининг индуктивлиги, мкГн/м; τ_{ϕ} – чакмоқ токининг давомийлиги, мкс.

$j_{и}$ ерлатиш ўтказгичининг импульсдан фойдаланиш коэффициенти ҳисобга олган ҳолда ва n қувурлар ёки чизиқлар сонида электродларнинг ўзаро экранланиши туфайли чакмоқ токининг тарқалиш шароитларининг ёмонлашишини ҳисобга олган ҳолда, импульс қаршилиги

$$R_{и} = \alpha_{и} R_{ер} / (j_{и} n). \quad (2.22)$$

Горизонтал чизиқлар билан боғланган вертикал электродлар панжараси учун қаршилиқни эмпирик формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин

$$R_3 = \rho ((A / \sqrt{S}) + (1 / (l_{\Sigma} + n l))), \quad (2.23)$$

бу ерда l_{Σ} - горизонтал чизиқларнинг умумий узунлиги; n ва l - вертикал электродларнинг сони ва узунлиги; S – ерлатиш ўтказгичи эгаллаган майдон; ρ – тупроқнинг ҳисобланган қаршилиги; A – коэффициент, яъни

$$1 / \sqrt{S} \quad - \quad 0 \quad 0,05 \quad 0,1 \quad 0,2 \quad 0,5$$

$$A \quad - \quad 0,44 \quad 0,4 \quad 0,37 \quad 0,33 \quad 0,26$$

Кенгайтирилган ерлатгичлари учун ($\sqrt{S} = 10$ м) импулс коэффициентини тахминан ифодадан топиш мумкин

$$\alpha = \sqrt{(1500 \sqrt{S}) / ((\rho + 320) (I_M + 45))}, \quad (2.24)$$

бу ерда S - площадь, м^2 ; ρ – тупрокнинг солиштирма қаршилиги, Ом м; I_M – яшиннинг токи, кА.

$E_{\text{пр}} = 300 \text{ кВ/м}$ ердаги мақбул майдоннинг кучланишида алохида турган яшин қайтаргичининг ерлатиш ўтказгичи ва ҳимояланган объект орасидаги масофа қуйидагича ифодаланади

$$l_3 = 0,02 R_{\text{и}} = 60 R_{\text{и}} / 300 > 3 \text{ м}. \quad (2.25)$$

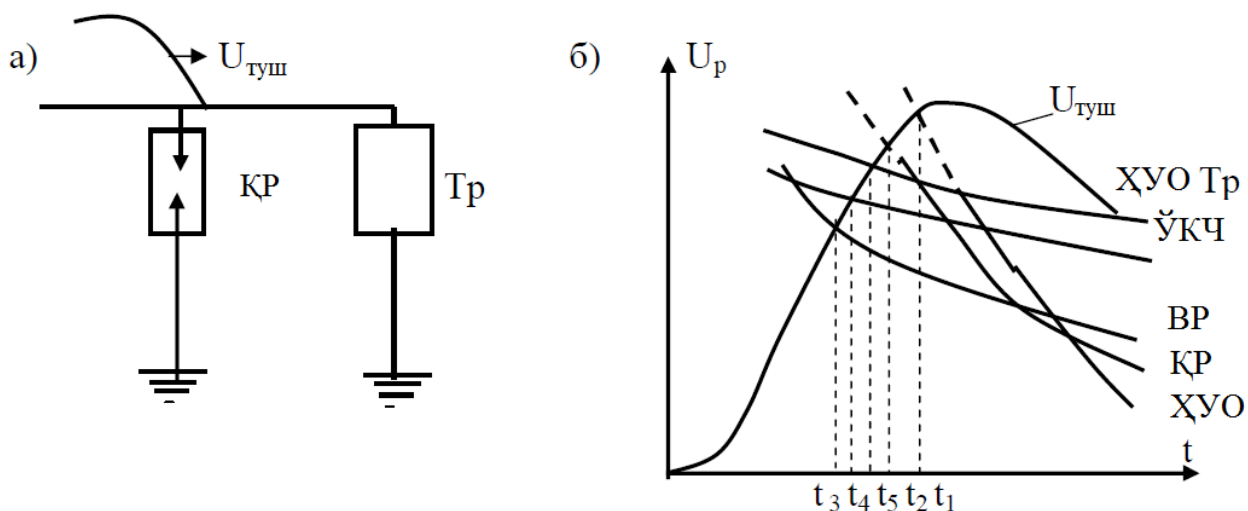
Разрядловчи қурилмалари

Натижада электр тармоқларидаги ўта кучланиш амплитудаси иш кучланишидан юқори бўлган электромагнит тўлқин шаклида намоён бўлади. Ҳимоя қурилмалари электр жиҳозларининг изоляциясида ўта кучланиш пулслари пайдо бўлишининг олдини олади ёки уларнинг амплитудаси ва тиклигини чеклайди. Шунинг учун, разрядник ҳимояланган объектга паралел равишда ўрнатил (VO) мавжуд - бу ҳимоя оралиғлари, қувурли разрядниклар (KP), вентил разряди. Учқун оралиғларидниклари (BP) ва учқун оралиғларисиз-бу нозизиқли ўта кучланишни чекловчилари ($ЎКЧ$).

Разрядниклар учун вольт-сонияли характеристикаси (BCX) асосий ҳисобланади. Унинг параметрлари 2.8 б - расмга мувофиқ изоляцияни қоплаш ёки бузилишини истисно қилиш учун электр жиҳозларининг максимал ҳимояланган изоляциясидан паст – мувофиқлаштиришнинг маъноси ҳам шунда.

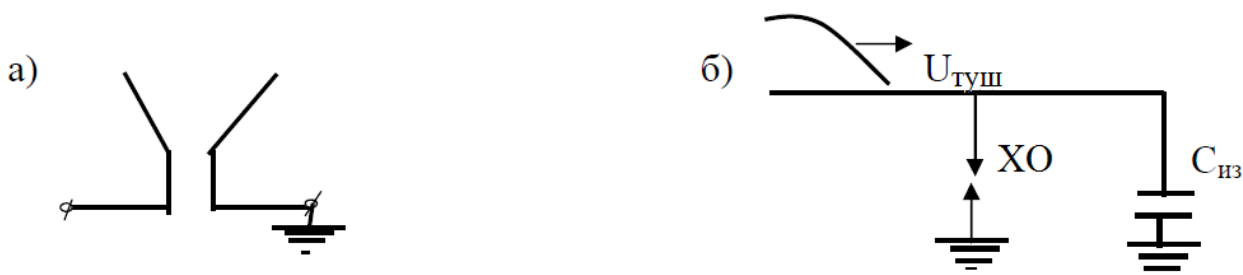
УО билан учкун разрядниклари нафақат изоляцияни ҳаддан ўта кучланишдан ҳимоя қилади, балки саноат частотали кучланиш туфайли ток учкун оралиғининг ионланган йўли бўйлаб югурганда ҳамроҳлик қилувчи токнинг ёйини ўчиради. Ёйни ўчириш вақти реле ҳимоясининг давомийлигидан кам бўлиши керак, кейин разрядникнинг ҳимоя ҳолати бажарилади. Қувурли разрядникларда пуфланадиган бўйлама ёй ва УО орқали кетма-кет уланган ночизикли қаршиликлар туфайли ҳамроҳлик қилувчи токнинг камайиши ҳимоя функцияларини бажаради ва ҚР ва ВР ни ХУО дан ажратишга ёрдам беради. Чакмоқ импульслари билан (бир неча килоамперли ток) операцион қаршиликнинг ночизикли характеристикаси ошади ва шунинг учун иш частотасининг ҳамроҳлик токининг қиймати аҳамиятсиз ва ЎКЧ типдаги разрядникда УО талаб қилмайди.

1). Ҳимоя оралиғи. ХУО таркибий жиҳатдан иккита стержен шаклида амалга оширилади, улардан бири кўр ерлатишга эга. Электрод стерженларининг учлари расм 2.8 а ёйни тезроқ ўчириш учун. Ўчириш вақти саноат частотасининг бир ярим даврига етади. ХУО электродлари орасидаги кескин бир хил майдон тик ВСХ га олиб келади, шунинг учун ХУО қисқа вақт ичида разряд кучланишининг тез ўсиши ва 2.8 б расмга мувофиқ изоляцияни мувофиқлаштиришнинг бузилиши билан тавсифланади, қачонки $U_{\text{туш}}$ тик, унда $t_1 > t_2$, ва изоляция ХУО-дан олдин ёриб ўтади. ХУО электродлари ўртасида узок муддатли ёйни ёниши кўпинча нейтрал ерлатиши тармоқдаги реле ҳимоясини фаоллаштиради. ХУОнинг соддалиги ва арзонлиги унинг паст кучланишли тармоқларда ишлатилишини аниқлайди ва электр узатиш линияларининг изоляциясини ҳимоя қилади, шу билан бирга чакмоқ разряди пайтида подстанцияга тушадиган кучланиш пулсининг максимал қийматини чеклайди.



Расм – 2.8. Қурилма изоляциясини ўта кучланишдан ҳимоя қилиш принципи:

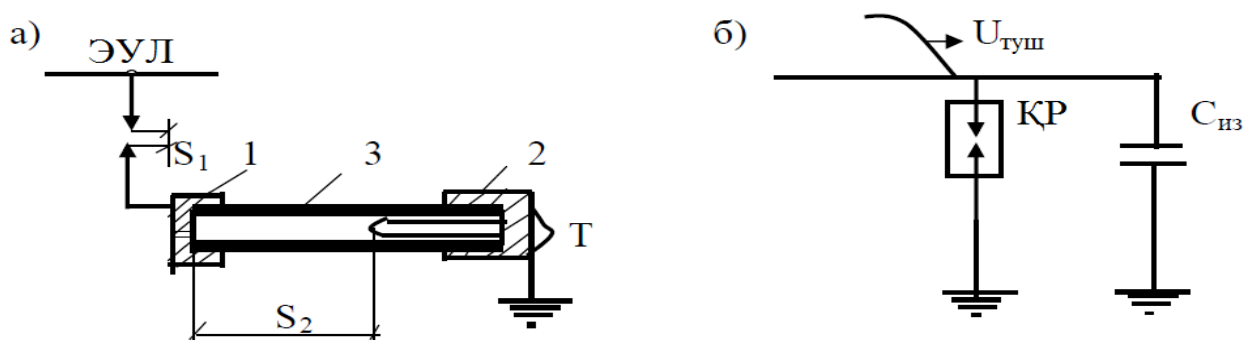
а) - разрядникни ёқиш схемаси; б) - тушаётган тўлқин амплитудаси билан қурилмаларни мувофиқлаштириш.



Расм – 2.9. Ҳимоя оралиғи а) ва унинг электр схемаси б) электр тармоғида

2). Қувурли разрядник (расм 2.10). $KР$ -нинг ҳимоя таъсири унинг ерлантирилган ўтказгичининг кучи ва қаршилиги билан тавсифланади. Буларнинг барчаси $S1$ ва $S2$ интервалларига боғлиқ ва резонансли бир хил электр майдон шаклига эга ва учкун оралиғининг кучланишини аниқлайди. Ерлатиш ўтказгичининг қаршилиги $KР$ ишга туширилгандан кейин қолган пулс кучланишини баҳолайди. Агар оралиғ $S1$ ёйни ўчирса ва тартибга солинмаса, $S2$ тартибга солинади ва оқиш оқимлари таъсирида доимий равишда парчаланадиган газ ҳосил қилувчи қувур материални чеклайди. Кесиш оқимларининг юқори ва пастки чегараларининг қиймати $KР$ нинг

ички каналининг ўлчамига боғлиқ: канал диаметрининг ошиши, шунингдек S_2 оралиғнинг пасайиши кесиш оқимларининг ошишига олиб келади. Электр тармоқларида бир фазали ва уч фазали қисқа туташув оқимлари кесилган ҚР тоқларининг юқори чегарасидан паст бўлиши керак ва қисқа туташув токи пастки чегарадан каттарокдир.

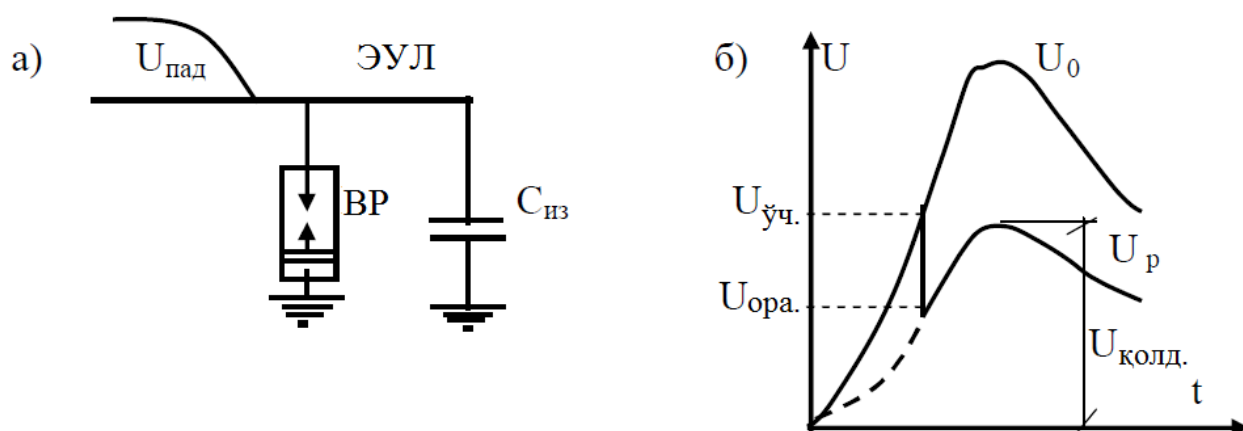


Расм – 2.10. Қувурли разрядникнинг тузулиши (а) ва унинг электр схемасида белгиланиши (б) S_1 ва S_2 - ташқи ва ички учқун оралиғлари; 1 - газ чиқариш учун тешикли электрод ҳалқаси; 2 - ерлантирилган қопқоқли ички электрод; 3 - газ ҳосил қилувчи изоляцион найча.

Фибробакелит найчали ҚР типдаги ҚР ва ФҚР ёки ФҚР типдаги - винил пластик найча билан. ҚР-нинг биринчи рақами номинал кучланишни билдиради ва касрдан кейинги рақамлар кесилган тоқларнинг чегараларини билдиради (самарали қиймат), масалан, РТФ 110/0, 8-5. ҚР қурилмаларининг камчиликлари, тик қурилмалардан ташқари, газ ишлаб чиқарувчи қувурнинг юқори фоизини ҳам ўз ичига олади, қачонки у 20-25% ёниб кетганда, ХУО каби ҚР-ни алмаштиришни талаб қилади, асосан 6-10 кВ электр узатиш линияларида ёндашувларни яшин қайтаргич билан ҳимоя қилиш учун ўрнатилади ва 35-110 кВ электр узатиш линияларида чекланган миқдордаги комплектларда.

3). Вентилли разрядниклар. Коммутация схемаси ва вентилли разрядникнинг ВР ишлаш принципи расм 2.11. ВР -нинг асосий элементлари

кўп камерали учкун оралиғи ва у билан кетма-кет боғланган ночизиқли иш қаршилигидир.



Расм – 2.11. Ёқилишнинг электр схемаси а) ва разрядникнинг ишлаш принципи б)

ВР нинг асосий элементлари кўп камерали учкун оралиғи ва у билан кетма-кет боғланган ночизиқли иш қаршилигидир. Чакмоқ тўлқини урилганда, учкун бўшлиғи бузилади ва разрядник орқали ўтадиган импульс токи ерга оқиб, ночизиқли қаршиликда кучланишни пасайишини ҳосил қилади. Агар импульс токи сезиларли даражада ўзгарса, унда ночизиқли қаршилик материалининг тик вольтампер характеристикаси (ВАХ) туфайли импульснинг парчаланиш кучланиши $U_{теш.}$ аҳамиятсиз. Координацион оқим деб аталадиган импульсли оқимда қаршиликда юзага келадиган кучланиш қолган $U_{колд.}$ бўлиб, у $U_{теш.}$ қийматига яқин ва изоляция $U_{теш.}$ нинг бузилиш кучланишидан 20-30% паст бўлиши керак. Импульсли оқим йўли бўйлаб ВР орқали 50 Гц частотали ҳамроҳлик қилувчи ток ўтади. Бундай ҳолда, қаршилик кескин ошади ва унга ҳамроҳ бўлган ток камаяди, бу ток нол қийматдан ўтганда учкун оралиғидаги ёйни ўчиришга олиб келади. Ёй ишончли тарзда ўчириладиган ВР-даги саноат частотасининг кучланиши у ўчириш кучланиши деб аталади. ВР дан кейинги ўта кучланиш амплитуда

(U_0 гача) ва тиклик билан чекланган бўлиб чиқади (егри чизиқ U_p егри чизиғида U_0 эгри чизиғига қараганда текисроқ фронт томонга эга). ВР нинг асосий хусусиятларини ҳисоблаш ерга бир фазали қисқа туташув (қисқа туташув) билан амалга оширилади, ўчириш кучланишини тахмин қилиш мумкин

$$U_{\text{ўч.}} = K_{\text{ер}} U_{\text{н}}, \quad (2.26)$$

бу ерда $U_{\text{н}}$ -тармоқнинг номинал линия кучланиши; K_3 – ерлантирилган нейтрал ўрнатиш учун коэффициент 0,8, изоляция қилинган нейтрал ўрнатиш учун – 1,1; учкун оралиқларининг ёйни ўчириш эффекти сўниш коэффициенти билан тавсифланади

$$K_{\text{ўчир.}} = U_{\text{теш.}} / U_{\text{ўчир.}}, \quad (2.27)$$

бу ерда $U_{\text{теш.}}$ – 50 Гц частотадаги оралиқларнинг парчаланиш кучланиши; ночизиқли қаршилиқларнинг ҳимоя таъсири ҳимоя коэффициенти билан баҳоланади

$$K_{\text{хим.}} = U_{\text{қолд.}} / (2 U_{\text{ўчир.}}). \quad (2.28)$$

ВР учкун оралиқлари миканит шайбаси билан ажратилган иккита латун электродидан иборат. Электродлар орасидаги ягона электр майдони уларнинг профили томонидан яратилади. Ҳаво ва миканитнинг турли диэлектрик сингдирувчанлиги туфайли электродлар аро ионланиш бирликка яқин пулс коэффициентидаги оралиқнинг тешилишига олиб келади. Кўп сонли оралиқлар, магнит ёйни ўчириш мосламаси ва токни чекловчи учкун оралиқларидан фойдаланиш барқарор ёйни ўчиришга ёки электродлар орасидаги изоляциянинг электр кучини тезда тиклашга олиб келади. Ёйни

ўчириш мосламаларининг магнит майдонинг ўта кучланишнинг тушаётган тўлқинининг амплитудасини камайтириш орқали ВР-нинг ҳимоя ҳаракатларини яхшилайдди.

ВР-даги ночизиқли қаршиликлар дисклар шаклида SiC электротехника корборунд кукунидан қилинган. 300°C гача бўлган ҳароратда вилит материали олинади ва 1000°C дан юқори ҳароратда тервит дисклари тайёрланади. Сиртни ўчириш қатлами кремний оксиди молекулаларининг корборунд донига кириб бориши натижасида ҳосил бўлган графит учун муҳим аҳамиятга эга, унинг қаршилиги жуда юқори ($10^4 - 10^6$ Ом м гача). Ўз донининг ўзига хос қаршилиги тахминан 10^2 Ом м бўлганлиги сабабли, барча кучланиш ўчириш қатламига қўлланилади, бу вақтда унинг қаршилиги пасаяди ва корборунднинг ўз қаршилиги билан белгиланади.

Ўта кучланишларда ВР орқали ўтадиган катта тоқлар минтақасида вилитнинг чизиқсизлиги 0,11 - 0,12, тервит учун эса – 0,15 – 0,25 қийматга эга. Ҳамроҳлик оқимлари соҳасида қаршиликларнинг ночизиқлиги катта: вилит учун - 0,28 - 0,3, тервит учун - 0,35 - 0,38. ВР учун кучланиш характеристикаси

$$U = A \cdot I^\alpha, \quad (2.29)$$

бу ерда A - 1 A токидаги диск қаршилигидаги кучланишга тенг доимийлик; α – ночизиқлик коэффиценти. Ҳар қандай дисклар учун максимал импульс тоқлари 5-14 кА тартибида. Яшин тоқлари юқори бўлгани учун, ВР ўтказувчанлиги ушбу қурилмаларнинг кучланишини синаб кўриш орқали нормаллашади. Барча ВРлар тўрт гуруҳга бўлинади: биринчиси энг юқори қолган кучланишга эга, қолганлари электр жиҳозларини паст даражадаги изоляциялаш учун ишлатилади. ВР-нинг ҳар хил турлари мавжуд:

ПРВ (подстанция), РВД (қишлоқ тармоқлари учун енгиллаштирилган); IV гуруҳи;

РВС (станция), энг кенг тарқалган; III гуруҳ;
РВМ(магнитли ёй ўчириш билан), машина; II гуруҳ;
РВМГ (магнитли, яшинли) ўтказувчанлиги ошган; II гуруҳ;
РВТ (ток чекловли) ва РВРД (чўзилувчан ёй билан) камроқ ҳимоя таъсирига эга тервит дисклардан тайёрланган; I гуруҳ, юқори ўтказувчанлик уларни ички ўта кучланишни чеклаш учун ишлатишга имкон беради;
РВМК (комбинациялашган) тервите дисклар билан, барча турдаги ўта кучланишларни чеклаш, яшин тоқларини чеклаш билан 10 кА ёки ундан ортиқ.

4). Ночизиқли ўта кучланишларни чекловчилар. РВДАги корборунднинг паст чизиқли эмаслиги, шунингдек, ҳимоя таъсирини камайитириш учун унинг дизайнининг мураккаблиги, кичик ўлчамларга, юқори ўтказувчанликка ва барча турдаги ўта кучланишларнинг чуқур чекланишига, ҳатто фазага эга бўлган муҳим ночизиқли – ночизиқли кучланиш чекловчилари (ЎҚЧ) билан цинк оксиди чекловчиларини яратишга мажбур қилди. Комутацион ўта кучланишларда ЎҚЧ-нинг ҳимоя таъсири (1,65 - 1,8) U_{ϕ} , 110 кВ тармоқларда яшиннинг ўта кучланишини чеклашда - (2,2 - 2,4) U_{ϕ} , ва 750 кВ линияларда – 2 U_{ϕ} .

ЎҚЧ диаметри 28-38 мм ва баландлиги 8 мм бўлган дисклар билан жиҳозланган бўлиб, улар паралел уланган устунларни ташкил қилади. Дисклар орасидаги алоқани таъминлаш учун дискларнинг учлари металллаштирилган. ЎҚЧ резисторларининг паралел устунлари сони тармоқли кенглигига қараб 110 кВ дан 30 кВ гача 750 кВ гача ўзгаради. ЎҚЧдаги резисторларнинг ночизиқлик коэффициенти, коммутация ўта кучланиш чекланган бўлса, 0,03 - 0,05 ни ташкил қилади. Яшин 10 кА гача бўлган яшин тоқларида чекланган бўлса, у 0,07 - 0,1 га етади. Бундай юқори ночизиқлик паралел устун учун миллиампер фракциялари тартибидаги тоқнинг иш кучланишида ёки резонансли ўта кучланишларда ночизиқли қаршилиқлар орқали ўтиши билан боғлиқ бўлиб, бу учкун бўшлиғини

бартараф этиш ва ЎҚЧни тўғридан-тўғри тармоққа улаш имконини беради. Ўчириш кучланиши концепциясининг йўқлиги, узоқ муддатли резонансли кучланиш ва юқори тоқлар пайтида қурилманинг иссиқлик барқарорлигини бузилишини истисно қилмайди, шунинг учун ЎҚЧ учун реле химояси ҳаракати билан мувофиқлаштирилган кучланишнинг рухсат этилган муддати белгиланади.

2.3. Электр жиҳозларидаги тўлқин жараёни

Линиядаги исрофсиз электромагнит тўлқин

Электр тармоғидаги тўлқин жараёни ҳар қандай электромагнит бузилиш билан яратилади - бу линияни ёқиш ва ўчириш, қисқа туташув ёки фазанинг узилиши, чақмоқ тушиши билан электр узатиш линиясининг шикастланиши. Бузилиш жойи электромагнит тўлқиннинг электр узатиш линиялари бўйлаб иккала йўналишда тарқалишига олиб келади. Ҳақиқий электр узатиш линияларида юқори кучланишдаги тўлқин жараёни ўтказгичлар ва тожни иситиш учун энергия йўқотишлари билан бирга келади. Бироқ, уларнинг қийматлари кўпинча эътиборга олинмайди, бу ҳисоблашни жуда осонлаштиради ва ўта кучланишларнинг максимал ҳисобланган қийматлари расмини бузмайди. Бундай ҳисобий узатиш линияси исрофсиз линия деб аталади. Электр тармоғидаги исрофсиз тўлқин жараёни дифференциал тенгламалари билан ифодаланади

$$- dU / dx = L_o di / dt; - di / dx = C_o dU / dt, \quad (2.30)$$

бу ерда L_o ва C_o узунлик бирлиги учун линиянинг индуктивлиги ва сифими. Ушбу тенгламаларнинг ечими кучланиш ва тоқнинг тўлқин функциялари:

$$u = u^+ + u^- = F^+(x - \vartheta t) + F^-(x + \vartheta t); \quad (2.31)$$

$$i = i^+ - i^- = (1 / Z) F(x + \vartheta t),$$

бу ерда $Z = \sqrt{Z_0 / C_0}$ – линиянинг исрофсиз тўлқинли қаршилиқ; $\vartheta = 1 / \sqrt{Z_0 C_0} = c / \sqrt{\epsilon' / \mu'}$ – тўлқинни тарқалиш тезлиги, бу ерда c – 300 м/мкс –га тенг ёруғлик тезлиги; ϵ' ва μ' – шунга кўра, электр ва магнит сингдирувчанлик (ҳаво линияси учун) $\epsilon' = \mu' = 1$ ва $\vartheta = c$; кабел линияси учун $\epsilon' = 4$, $\mu' = 1$ и $J = c / 2 = 150$ м/мкс);

$u^+ = F^+(x - \vartheta t)$ – тўғри ёкитушаётган тўлқин;

$u^- = F^-(x - \vartheta t)$ – тескари ва акс эттирилган тўлқин;

$(x - \vartheta t)$ и $(x + \vartheta t)$ – маълум бир вақтда фазовий координаталардаги тўлқин функциялари t , бу линияли координата функциясидаги тўлқин тасвиридан тўлқиннинг аргументи маҳсулоти орқали фазовий координата функциясидаги тўлқин тасвирига ўтишга имкон беради t тўлқин тезлиги билан ϑ ;

i^+ ва i^- – шунга кўра, тушаётган ва акс еттирилган тўлқинлар токи;

u ва i – кўриб чиқилган тугун нуқтасида синган тўлқиннинг кучланиши ва токи. Электр тармоғидаги ёки электр занжиридаги тугун нуқтаси-бу тўлқин қаршилигининг бир қиймати бошқасига ўтадиган жой, масалан, ҳаво линияси - кабел линияси, тресли ҳаво линияси- троссиз ҳаво линияси, ҳаво линияси – тақсимлаш қурилмаларини шиналаш - кучт трансформатори ва бошқалар.

Битта симли ҳаво линияси учун тўлқин қаршилиги қуйидагича аниқланади

$$Z = \sqrt{Z_0 / C_0} = 60 \ln(2 h / r) = 1.38 \lg(2 h / r), \quad (2.32)$$

бу ерда h – ер устидаги сим осилишининг ўртача баландлиги; r – симнинг радиуси, бўлинган симлар учун – r_0 ; симларни ажратмасдан ҳаво узатиш линиялари учун $Z = 550-450$ Ом; бўлинган симли линия учун $Z = 350-400$ Ом; кабел линияси учун уларнинг юқори ўзига хос сиғими ва паст ўзига хос

индуктивлиги туфайли $Z = 5 - 20$ Ом, шунинг учун кабел линиясидаги тўлқин токи бир хил кучланишдаги ҳаво линиясига қараганда анча юқори.

Чекланган узунликдаги линиянинг индуктивлиги ва сифими l тенгламадан топилади

$$L = L_0 l = Z l / 9; C = C_0 l = l / (Z \cdot 9). \quad (2.33)$$

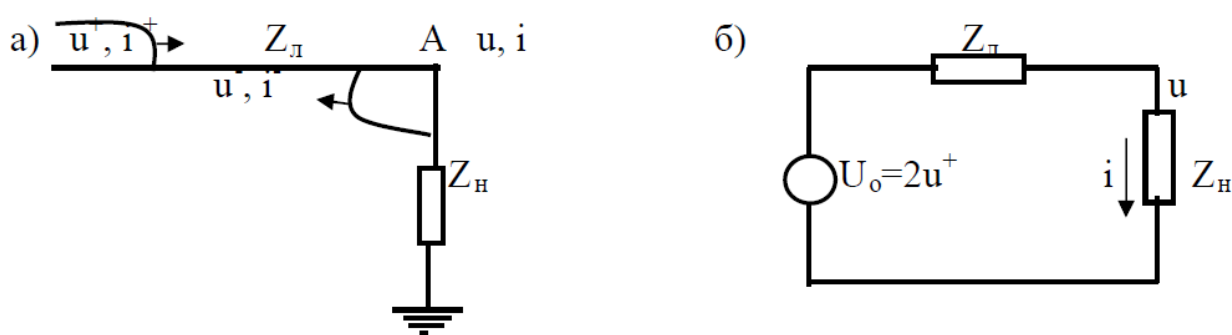
Ҳисоб-китобларда ишлатилиши мумкин бўлган типик тўлқин шакллари қуйидагилардир: $u_0(t) = U_0$ типидagi тўртбурчак тўлқин $u(t) = a t_{\phi}$, бу ерда a тўлқиннинг тиклиги, t_{ϕ} тўлқин фронти; экспоненциал типдаги $u(t) = U_0 e^{at}$. Ушбу элементар тўлқинларни устма - уст қўйиш орқали узунликдаги тўртбурчакли тўлқин ҳосил қилиш мумкин t_q узунлиги фронт томони билан қийшиқ бурчакли t_{ϕ} ёки аperiодик пулс $u(t) = U_0 (e^{-at} - e^{at})$. Якка тўлқиннинг ҳисоб схемасига таъсир қилганда $U_0 = 1$ қидирилаётган сингдирилган кучланиш ўтиш функцияси деб аталади. Дюамел интегралидан фойдаланиб, унинг қийматидан фойдаланиб, ихтиёрий шаклдаги $u_0(t)$ тўлқинига таъсир қилганда керакли синган кучланишни топиш мумкин.

Линиянинг яшин тугун нуқтасидаги тўлқинларнинг синиши ва акс этиши

2.12 расмга кўра узатилаётган электромагнит тўлқин Z_L тўлқин қаршилиги билан бир линияда ҳаракат қилади ва $Z_{\text{ю}}$ юклама уланган тугун нуқтасига A киради, одатда r , L , C қаршиликларнинг ҳар қандай комбинациясидан иборат бўлиб, ҳодиса тўлқинидан кучланиш ва ток ўртасидаги нисбат ўзгариши туфайли акс эттирилган ва синган тўлқин тугун нуқтасида пайдо бўлади. A нуқтада $u = u^+ + u^-$; $i = i^+ + i^-$ - тенгламалари амал қилади. Агар иккинчи тенгламада биз ўнг ва чап қисмларни Z_L га кўпайтирсак ва натижада олинган кучланиш тенглигини $i \cdot Z_L = u^+ + u^-$ биринчисига қўшсак, унда биз қуйидаги тенгламани оламиз

$$u + i Z_{\text{л}} = 2 u^+, \quad (2.34)$$

бу линиянинг ҳар қандай нуқтаси учун, шу жумладан кучланишли u ва ток i юклама $Z_{\text{ю}}$ уланган тугун нуқтаси учун амал қилади. Ушбу (2.34) тенглама 2.12 б расмга мувофиқ Петерсенни алмаштириш схемасига тўғри келади, унда линияли қаршилиқ $Z_{\text{л}}$ ва юклама $Z_{\text{ю}}$ берилган кучланиш $u_0 = 2 U^+$ манбасига кетма-кет уланган ва u ҳамда i схеманинг бўлагида синган тўлқин параметрлари сифатида ҳисобланади.



Расм – 2.12. Тақсимланган (а) ва концентратланган (б) параметрларга эга линия схемаси

2.12 б расми бўйича ҳисоблаш схемасининг қиймати тақсимланган параметрларга эга занжирдан иборат. 2.12 а концентратланган параметрларга эга занжир билан алмаштирилади, бунинг учун ўтиш вақтини ҳисоблаш усули маълум. Масалан, схемани оператор усули билан ҳисоблашда таъсир қилувчи тўлқин U_0 унинг тасвири билан ифодаланади ва линияли занжирдаги юклама қаршилиги $Z_{\text{ю}}$ оператор шаклидаги $Z_{\text{ю}}(p)$ қаршилиқ ёки r , pL , $1/pC$ оператор қаршиликлари билан ифодаланади.

Кириб келаётган тўлқинни синган U ва акс U^- эттирилган тўлқинлар билан алоқани синиш α ва акс эттирилган β коэффицентлари билан ифодаланиши мумкин:

$$U = a U^+; U^- = b U^+, \quad (2.35)$$

бу ерда $\alpha = 2 Z_{\text{ю}} / (Z_{\text{ю}} + Z_{\text{л}})$; $\beta = (Z_{\text{ю}} - Z_{\text{л}}) / (Z_{\text{ю}} + Z_{\text{л}})$, $\alpha - \beta = 1$ шартларида.

Агар $Z_{\text{ю}}$ фаол қаршилиқ бўлса, унда α ва β ҳақиқий сонлар ва A нуқтадаги тўлқин ҳақиқий ҳисобланган қийматни олинади.

Агар $Z_{\text{ю}} = \infty$ бўлса, яъни охирида линия ажратилган ёки салт ишлаш режимида ишлатилган бўлса, у ҳолда $\alpha = 2$ ва $\beta = 1$. Унда A тугун нуқтасида кучланиш тўлқини сақланиб қолган белги билан, ток тўлқини эса тесқари белги билан акс этади. Пасаяётган тўлқини тарқаладиган жойдан безовталиқ нуқтасида, натижавий кучланиш тўлқини икки барабар кўпаяди ва ток тўлқини нолгача тушади. Агар $Z_{\text{ю}} = 0$, яъни, охиридаги линия туташкан ёки қисқа туташган бўлса, унда $\alpha = 0$ ва $\beta = -1$. Кейин A тугун нуқтасида кучланиш тўлқини тесқари белги билан акс этади ва ток белгини сақлайди. Шу билан бирга, безовталаш нуқтасида, натижавий кучланиш тўлқини нолга тушади ва ток тўлқини икки барабар кўпаяди.

Трансформатор чўлғамидаги тўлқин жараёни

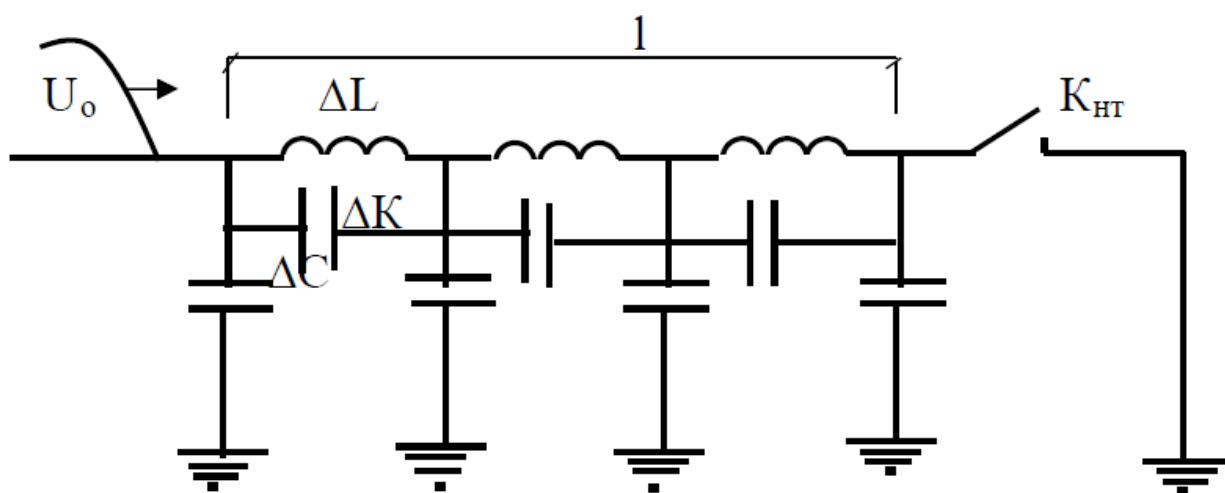
1). Трансформатор чўлғамининг алмаштириш схемаси. Алмаштириш схемалари трансформаторларнинг ўта кучланиш тўлқинларига дучор бўлганда уларни чўлғамларидаги тўлқин жараёнларини таҳлил қилиш учун ишлатилади. Ўрам элементлари чўлғам ёки урам элементлари сифатида келтирилган, улар учун энг оддий алмаштириш схемаси серияли-параллель уланган индуктивликдан ва сиғимлардан иборат. Бундан ташқари, чўлғамнинг ёки ўрамнинг шахсий ΔK ва ўрам ҳамда тупроқни ΔC орасидаги сиғимлар ҳисобга олинади, бу ерда ΔC паст кучланишли чўлғам ва унинг магнит ўтказгичи орасидаги трансформатор корпусига нисбатан ўрамнинг умумий сиғими ҳисобланади. ΔL индуктивликга ўрамнинг ўз-ўзини индукциялаш кирганидек, унинг бошқа чўлғамнинг элементлари билан ўзаро индукцияси ҳам киради. 2.13-расмга мувофиқ алмаштириш схемасидаги L_o , C_o , K_o чўлғамининг доимий параметрлари унинг бирлик узунлигига боғлиқ:

$$L_o = \Delta L \, n, \, C_o = \Delta C \, n, \, K_o = \Delta K / n, \quad (2.36)$$

бу ерда n – ўрамнинг бирлик узунлигига тўғри келадиган элементлар сони.
Бутун ўраш параметрларга эга:

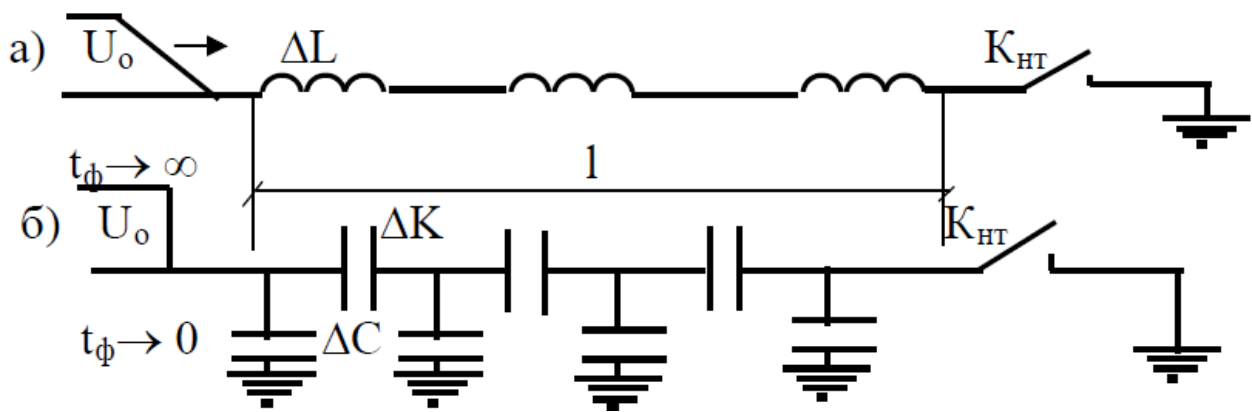
$$L = L_o \, l, \, C = C_o \, l, \, K = K_o / l, \quad (2.37)$$

бу ерда L -киришдан нейтралгача бўлган чўлғам узунлиги.



Расм - 2.13. Трансформатор чўлғамининг алмаштириш даври.

Трансформатор чўлғамига узун фронт билан (текис) ёки паст частотали электромагнит ўта кучланиш тўлқинлари таъсир қилганда, фақат индуктивликни ҳисоблаш учун алмаштириш схемасига киритиш мумкин, сиғимларни ҳисобга олмаганда, чунки бу вақтда сиғимли қаршилиқлар катта ва кучланиш тақсимои ўткинчи жараёнда асосан расм 2.14 а-га мувофиқ индуктив қаршилиқлар билан белгиланади.



Расм – 2.14. Трансформатор чўлғамидаги ўткинчи жараёнлар учун алмаштириш схемаси

Агар қисқа фронт (тик) ёки юқори частотали тўлқин трансформатор чўлғамига тегса, у ҳолда индуктив қаршиликлар катта бўлади ва трансформатор чўлғамидаги ўта кучланиш 2.14 б расмга мувофиқ сиғимли қаршиликлар бўйича тақсимланади. Ббундай соддалаштиришлар ҳисоб-китобларда ўтиш жараёнининг асосий расмини бузмайди.

2). Тик (туғрибурчаклар) тўлқин пайдо бўлганда трансформатор чўлғамидаги кучланиш тақсимотини ҳисоблаш. 2.14 б расмининг ҳисобий схемасида пасайётган туғрибурчакли тўлқиннинг амплитудаси U_0 . Юқори тикликнинг тўлқини трансформатор чўлғамига кириб бориб, индуктивлик ΔL , сиғимли ΔC ва ΔK қаршиликлар бўйича кучланиш тақсимотини беради. Натижада, кучланишнинг ҳисобий экстремал қийматлари олинади. Дастлабки кучланиш тақсимотининг хусусиятини аниқлаймиз. dx чўлғам узунлиги элементидаги трансформатор корпусига нисбатан сиғим $C_0 dx$ га тенг бўлади ва ўрамлара аро сиғими K_0/dx . Кетма-кет уланган қаршиликларда кучланишнинг dq ошиши умумий заряд q билан кутилмоқда:

$$q = (K_0 / dx) dq \quad (2.38)$$

Паралел уланган қаршилиқларда заряднинг кўпайиши dq умумий кучланишда кутилмоқда U :

$$dq = C_0 dx U. \quad (2.39)$$

(2.38) тенгламаларни x бўйича фарқлаш ва (2.39) тенглама билан биргаликда ечиб, биз тўлиқ бўлмаган иккинчи даражали дифференциал тенгламани оламиз

$$(d^2U/dx^2) - (C_0/K_0) U = 0, \quad (2.40)$$

$\alpha^2 = C_0/K_0$ нинг илдизлари тенг бўлган характерли тенгламаси

$$\alpha_{1,2} = \pm \sqrt{C_0/K_0}. \quad (2.41)$$

(2.40) тенгламанинг умумий ечими қуйидаги ифода бўлади

$$U = A e^{\alpha X} + B e^{-\alpha X}, \quad (2.42)$$

бу ерда A ва B доимийлар дастлабки шартлардан: $X = 0$ да (чўлғам бошида) $A + B = U_0$; $X = 1$ да (чўлғам охирида) ва $A e^{\alpha X} + B e^{-\alpha X} = U_{нт.}$, бу ерда $U_{нт.}$ – нейтрал ерлантирилгандаги нейтралнинг кучланиши, у холда $U_{нт.} = 0$, агар изоляцияланган бўлса, у холда $U_{нт.} = 0$ ёки аниқланмаган, сабаби αx қиймат катта эмас, унда (2.42) дан келиб чиқан холда, у қуйидагича $A = 0$, ва $B = U_0$. Шунинг учун бир фазали трансформаторнинг чўлғами бўйича кучланишни бирламчи тақсимотининг эгриси формула билан аниқланади

$$U_{бош} = U_0 e^{-\alpha X} = U_0 e^{-\alpha l_1^X}, \quad (2.43)$$

бу ерда $\alpha l = \sqrt{C_o l n / l n} = \sqrt{C / K} = 5 - 20$ — фақат чўлғамнинг асосий параметрларига боғлиқ бўлган коэффициент: αl қанчалик катта бўлса, трансформатор чўлғами бўйлаб кучланиш ўзгаради; αl қанчалик паст бўлса, дастлабки кучланишнинг $U_{\text{ўрн.}}$ тарқалиши шунчалик бўш бўлади ва унинг барқарор ҳолат кучланиш тақсимотига яқинроқ тақсимланади.

2.14 б расмдаги схема бўйича бир фазали трансформатор чўлғамининг нейтралли ерлантирилган ва изоляция қилинган даги ўткинчи жараёни кўриб чиқамиз.

Кар ерланган нейтрал билан, чўлғам устидаги барқарор кучланиш тақсимоти тўғри чизиқ шаклига эга (расм 2.15 а) нуқталардан ўтувчи $x = 0$ да $U = U_0$ ва $x = 1$ да $U = 0$, ва дастлабки кучланиш (2.43) га мувофиқ экспонент сифатида тақсимланади. Дастлабки ($U_{\text{бош.}}$) ва барқарор ҳолат ($U_{\text{ўрн.}}$) тақсимланган кучланишлар кучланиш фарқини ёки кучланишининг эркин ташкил этувчисини $U_{\text{э.т.эт.}}$ ҳосил қилади, бу мис чўлғамидаги йўқотишлар ва магнит занжирдаги ток оқимлари билан боғлиқ:

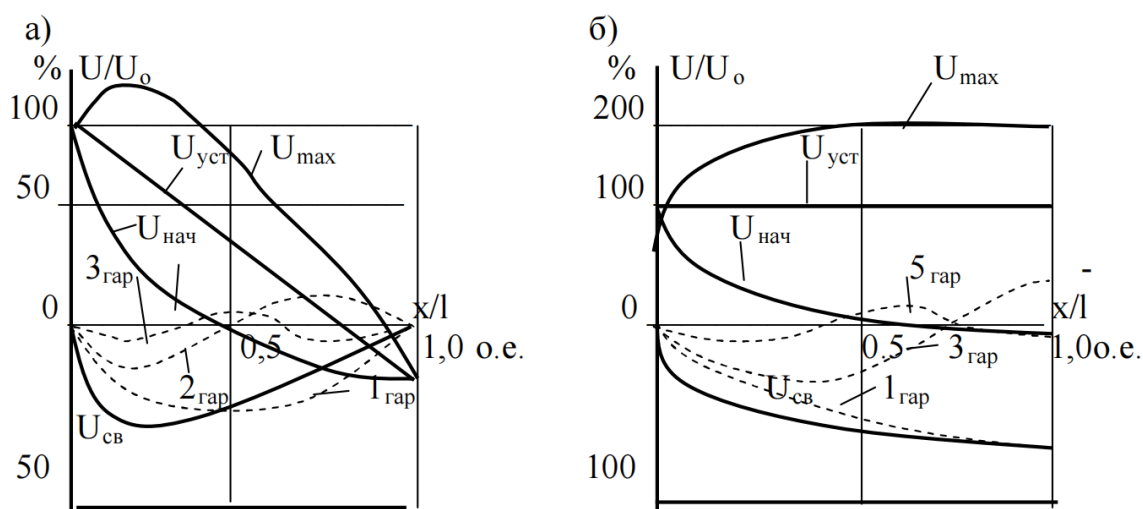
$$U_{\text{э.т.эт.}} = U_{\text{бош.}} - U_{\text{ўрн.}} \quad (2.44)$$

кучланишининг эркин ташкил этувчиси $U_{\text{э.т.эт.}}$ чўлғам бўйлаб юқори гармоник кучланишларнинг гармоник тебранишлари (тик турган тўлқинлар) сифатида ифодаланиши мумкин, уларнинг ҳар бири ўзига хос частотаси билан тебранади. Нейтралли ерланган трансформаторнинг чўлғами учун тригонометрик қатор гармоникасининг амплитудаси ифодаланади

$$A_k = (1 / k \pi) U_0 / (1 + (K / C) (k \pi)^2), \quad (2.45)$$

бу ерда K - рақамларнинг табиий қатори ва гармоник сон. ерланган нейтрал билан чўлғамнинг боши ва охири потенциаллари мос равишда U_0 ва 0 га ўрнатилади, шунинг учун кучланишининг эркин ташкил этувчиси $U_{\text{э.т.эт.}}$ бу

нуқталарда тугунларга эга, шунинг учун 2.15 расмга мувофиқ чўлғам бўйлаб гармоникаларнинг натурал қаторининг ярим тўлқинлар бутун сонлари тўпланади.



Расм - 2.15. Кар ерланган (а) изоляцияланган (б) нейтралли бир фазали трансформаторнинг чўлғамидаги кучланиш тақсимоти

Гармониканинг ординаталарини ёки кучланишининг тақсимланган эркин ташкил этувчиси $U_{э.т.эт.}$ ва $U_{ўрн.}$ эгри чизиғининг ординаталари йиғиндисини қўллаш орқали биз бир фазали трансформаторнинг чўлғами бўйлаб ўта кучланишларнинг максимал тақсимланишини оламиз

$$U_{\max} = |U_{э.т.эт.}| + |U_{ўрн.}|. \quad (2.46)$$

$U_{\max}$ тақсимланишига кўра, кар ерланган нейтралли бир фазали чўлғамнинг биринчи рақамларига ва тик тўлқиннинг тегканида киритишга, пасайётган тўлқин амплитудасининг $1,25 U_0$ -га тенг бўлган кучланиш $U_{\max}$ таъсир қилади. Ўз навбатида Шунинг учун, бу рақамдаги чўлғмларнинг изоляциясини кучайтириш керак, шунда у тақсимланган $U_{\max}$ нинг тенгсизлигига бардош бера олади. 2.15 б расмга мувофиқ изоляция қилинган нейтралда чўлғам бўйлаб ўрнатилган кучланиш $U_{ўрн.}$ тик тўлқинга қўйилган

кучланишга тенг, ва ўрнатилган кучланишнинг эгриси абсциссани ўқига параллел равишда тўғри чизик билан ифодаланади.

Чўлғам бўйлаб дастлабки ва чўлғам бўйича тақсимланган кучланиш ўртасидаги фарқ, ҳисобий амплитудали юқори тартибдаги гармоникаларга тақсимланиши мумкин бўлган кучланишининг еркин ташкил этувчисининг эгри чизигини беради

$$A_k = 4 / ((2k - 1) \pi) (U_0 / (1 + (K / C) ((2k - 1) \pi / 2)^2)), \quad (2.47)$$

бу ерда k - натурал рақамларнинг тартиби; $(2k - 1)$ - гармоника рақами.

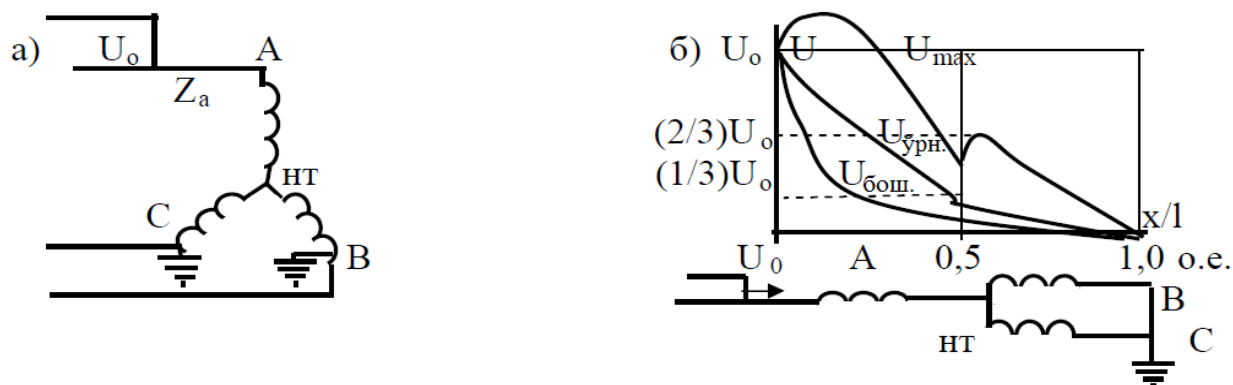
2.15 б расмга кўра изоляция қилинган нейтрал билан фиксацияланган потенциал, яъни еркин ташкил этувчининг тугуни фақат чўлғамнинг бошида жойлашган ва унинг охирида тўпламлик жойлашган, шунинг учун изоляцияланган нейтралли чўлғам бўйлаб тўлқинларнинг чорак тоқ сони кўйилади ёки тақсимланган эркин кучланишнинг тоқ гармоникаси. Чўлғам охирида кучланиш кўтарилиши билан максимал кучланишларини айланиб ўтувчи эгри чизиги, пасайётган тўлқини шаклини олади, шунинг учун изоляция қилинган нейтралли бир фазали трансформаторларнинг чўлғамларининг изоляциясини лойиҳалашда чўлғам охирида изоляцияни кучайтириш керак.

3). Уч фазали трансформаторларда кучланиш тақсимоти.

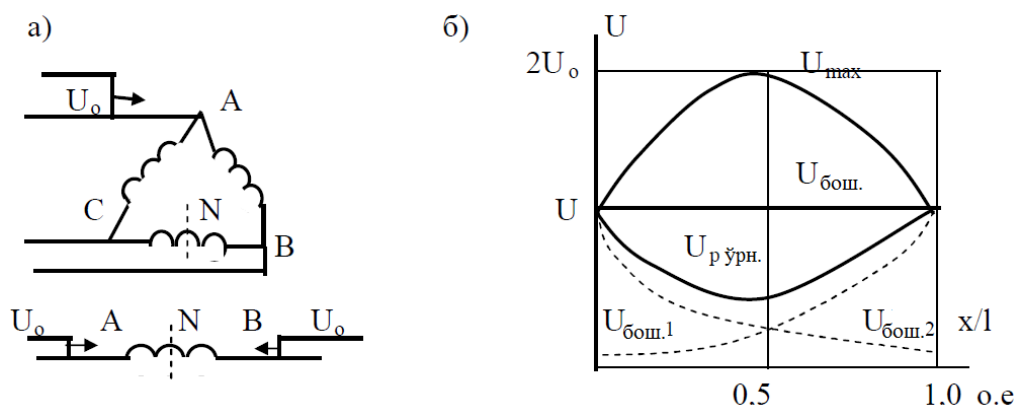
Тақсимланган кучланишларнинг экстремал қийматлари уч фазали трансформаторнинг барча уч фазаларида ўта кучланишли тўлқинларни бир хил амплитудали симметрик тезкор ҳолатида қайд этилади, уларнинг чўлғамлари юлдуз билан уланган. Ҳар бир фазадаги ўткинчи жараёни

2.16 а – расмга мувофиқ бошқа фазалардан ажратилган ҳолда кўриб чиқилиши мумкин ва қолган икки фазанинг чизикли учлари ерланган бўлиши керак, чунки улар четлаб ўтувчи линияларнинг кичик тўлқин қаршилигига уланган ва деярли нол потенциални сақлаб қолади. Изоляция қилинган

нейтралли юлдузга уланган чўлғамли трансформаторни бир фазага тўлқиннинг тушиши 2.16 б – расмга мувофиқ ўткинчи режимда кучланиш тақсимотиغا эга, 2.16 а – расмга мувофиқ қар ерланган нейтралли бир фазали трансформаторнинг чўлғамидаги каби, характерли хулосалар билан трансформатор чўлғамининг нейтрал изоляциясига тушаётган тўлқин кучланишининг таъсирини $(2/3)$ ҳисобга олган ҳолда, ҳар бир фазанинг биринчи чўлғам рақамларини изоляция қилиш. Агар тўлқин учбурчак уланган трансформатор чўлғамининг уч фазаси бўйлаб тушса, у ҳолда бир фазадаги кучланиш тақсимотини фазага A линиясидан, сўнгра B линиясининг ён томонидан урилган тўлқиндан тақсимланган кучланишни қўллаш орқали олиш мумкин 2.17 расмга мувофиқ.



Расм - 2.16. Юлдузча уланган уч фазали трансформаторнинг чўлғамидаги ўткинчи жараёнларни ҳисоблаш а) - дастлабки схема; б) - чўлғам ва алмаштириш даври бўйлаб кучланиш тақсимоти.



Расм - 2.17. Учбурчак схемасига уланган уч фазали трансформаторнинг чўлғамидаги ўткинчи жараёнларни ҳисоблаш. а) - бошланғич ва ҳисобий схемаси; б) - чўлғам бўйлаб кучланиш тақсимоти.

Вақтинчалик режимда бу ерда максимал кучланиш трансформатор чўлғамларининг изоляциясини лойиҳалашда ҳисобга олинадиган тушаётган тўлқинининг 2-амплитудаси катталигига қадар ҳар бир фаза чўлғамининг ўртасида содир бўлади.

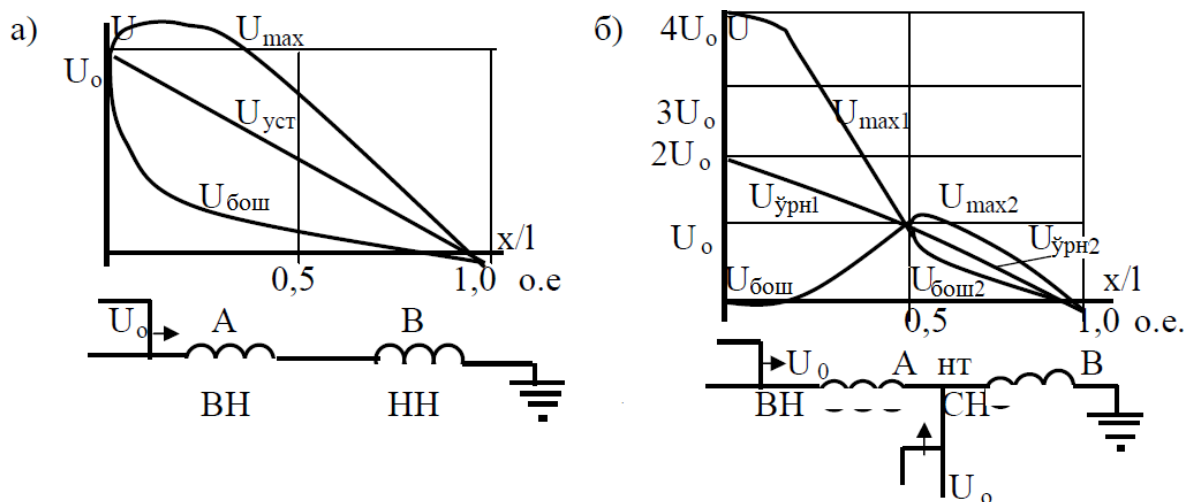
4). Автотрансформатор чўлғамларидаги ўткинчи жараёнлар. 2.18 *a* расм бўйича ўта кучланиш тўлқини А киришига тушканда, юқори кучланишнинг чўлғами эса ўртача кучланиш ЎК чўлғамининг ажратилган чиқишида В, тебранишлар ерланган нейтрал билан бир фазали трансформаторда бўлгани каби ривожланади. 2.15 *a*. Тўлқин ЮК чўлғамининг чиқиши А ажратилган ҳолатида ўрта кучланишли ЎК чўлғамининг киришига В урилганда, у ҳолда ЎК чўлғами бўйлаб $U_{\text{бош2}}$ ва $U_{\text{ўрн2}}$ кучланишларни тақсимотлари ерланган нейтрал билан бир фазали трансформаторнинг тақсимланишига ўхшайди, ва ЮК нинг ажратилган чўлғамида эса қўлланилган кучланиш изоляция қилинган нейтралли бир фазали трансформаторда қайд этилган бир хил кучланишни U_0 яратишга мойил бўлади. ЮК ва ЎК чўлғамлари бир-бирига индуктив равишда уланганлиги сабабли, ЮК чўлғамида $K_T U_0$ гача кучланиш пайдо бўлади, бу ерда K_T трансформация коэффиценти. Тебраниш жараёнлари натижасида киришдаги кучланиш назарий жиҳатдан $2U_0$ ва ундан юқори қийматга етиши мумкин, амалда $3U_0$ гача ўлчанади, бу эркин тебранишларнинг сусайишидан келиб чиқади. Бундай юқори кучланишлардан ҳимоя қилиш, ЮК, ЎК ва КК (паст кучланиш) томондан автотрансформаторнинг чўлғамларига уланган разрядлагичлар ёрдамида амалга оширилади.

Трансформаторларнинг ички ҳимояси

Трансформатор чўлғамлари ва махсус қурилмаларнинг конструкцияси чўлғамларнинг бўйлама ва асосий изоляциясига таъсир қилувчи тақсимланган максимал ўта кучланишни сезиларли даражада камайтириши

мумкин. Қарамлик учун (2.43), кучланишнинг сифимли градиентнинг қиймати

$$E_c = \alpha U_0 e^{-\alpha x} dx. \quad (2.47)$$



Расм – 2.18. Автотрансформатор чўлғамидаги ўткинчи жараёнларни ҳисоблаш а) - тўлқин юқори кучланишли чўлғамнинг киришига урилганда; б) - ўрта кучланишли чўлғамнинг киришида ҳам.

Бундан ташқари, $x = 0$ нуктада градиент максимал қийматга эга ва мутлақ қийматга тенг

$$E_{co} = \alpha U_0 dx = \alpha l (U_0 / l) dx, \quad (2.48)$$

бу ерда U_0 / l потенциал чўлғамнинг киритилишидан нейтралга камайганда градиент.

Максимал қийматга эга бўлган сифимли gradient **al** коэффициентига мутаносибдир, бу (2.41) ифодага кўра трансформатор чўлғамининг асосий параметрларига боғлиқ бўлиб чиқади, бу ерда чўлғамдаги элементлар сони $n = 1$:

$$\alpha l = \sqrt{C_0 l / K_0 / l} = \sqrt{C / K} = 5 - 20 \quad (2.49)$$

Трансформаторнинг бўйлама изоляциясига таъсир қилувчи максимал кучланишни дастлабки кучланиш тақсимотининг эгри чизиғини тенглаштириш орқали камайтириш мумкин. Асосий изоляцияга таъсир қилувчи ўта кучланиш кучланишнинг эркин компонентидаги тебранишлар билан боғлиқ. Унинг камайтириш эркин компонентнинг амплитудасини камайтириш орқали мумкин. Ифодага кўра (2.44), $U_{\text{ўрн.}}$ нинг мажбурий компоненти ўзгармас шаклга эга.

Шунинг учун, қийматларнинг дастлабки тақсимотининг эгри чизиғини текислаш орқали, яъни $U_{\text{бош}}$ ни $U_{\text{ўрн}}$ га яқинлаштириш, $U_{\text{сол.}}$ ни камайтириш ёки йўқ қилиш мумкин. Агар (2.49) ифодада $C \rightarrow 0$, бўлса $K \rightarrow \infty$ бўлса, бу мумкин.

Трансформаторларни ички ҳимоя қилиш чоралари:

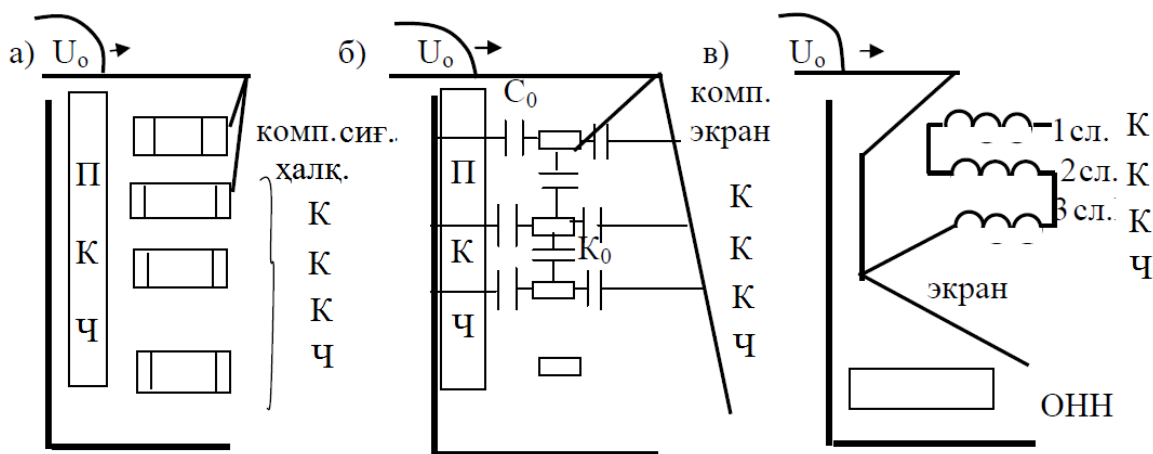
а) экранловчи халқалар. Чўлғамнинг биринчи рақамларига тушадиган максимал кучланиш градиентлари, уларнинг ўрамларини изоляция қилиш ва спираллараро изоляция кучаяди, яъни улар чўлғамларнинг орасидаги масофани оширади, бу чўлғамнинг бошида чўлғамнинг сиғимини пасайишига олиб келади. Расмга 2.19 а кўра чўлғам бошида бириктирилган бир сиғимли ёки экранли халқа қурилма, чўлғамларнинг биринчи рақамларини изоляциясини кучайтириш билан бир хил функцияни бажаради. Ушбу конструкция билан чўлғамларнинг биринчи сонларидаги электр майдони текисланади ва кучланиш градиенти пасаяди. Халқанинг изоляцияси трансформатор чўлғамининг киритилишида ўта кучланишининг катталигига бардош бериши керак ва барча рулонларнинг рақамлари бўйича изоляция бир хил даражада амалга оширилади;

б) компенсация экранлари. Асосий изоляциядан сиғимлар бўйлаб оқаётган тоқларнинг компенсацияси бошида у эгри чизиғининг текисланишига олиб келади. Бу ЮК чўлғамини ўраб турган ва 2.19 б расм бўйича трансформаторнинг линия киришига бириктирилган махсус металл экран

(қалқон) ёрдамида амалга оширилади. Қисман C_k сиғимлар бўйича оқётган бундай ток, сиғимлар C_o орқали ўтадиган токни компенсация қилади. Шунинг учун K_o нинг сиғимларидаги ток доимийдир ва $U_{бош}$ эгри тўғридан-тўғри муносабатлар шаклида чўлғам орқали тақсимланади

$$U_{бош} = U_o (1 - x / l) \quad (2.50)$$

ва ерланган нейтрал трансформаторда ва ух тақсимланган кучланишлар мос келади $U_{бош}$ ва $U_{ўрн}$ тебранишлари чўлғамда содир бўлмайди.



Расм. 2.19. Сиғимли ҳалқанинг қурилмаси а), компенсацияловчи экрани б) ва қатламли ўрамлари в) юқори кучланишли трансформаторларда

ЮК чўлғамидаги экраннинг қиялиги ифодага мос келиши керак

$$C_k = C_o (1 - x) / x \quad (2.51)$$

ва КККЧ чўлғами бўйлаб максимал кучланишнинг бир хил тақсимланиши бўлади.

110-220 кВ трансформатор чўлғамларида сиғимли компенсация E_c ни деярли ярмига камайтиради;

в) ҳалқа чўлғамлари. Улардан фойдаланиш бўйлама сиғимларининг K_o кескин ўсишига олиб келади. Чўлғамларнинг бу уланиши кетма-кетлик

рақамидаги биринчи ўрамларни олиб ташлайди ва периферик ўрамларни чўлғам киришига яқинлаштиради, шу билан сиғимининг K_0 ошиши билан кучланиш $U_{\text{бош}}$ жуда тенг тақсимланади ва шунинг учун $U_{\text{ўт}}$ бўлмайди. Ҳалқали чўлғамлари ҳозирда юқори кучланишли трансформаторларда кенг тарқалган;

г) қатлам чўлғамлари. Уларнинг ўзига хослиги-биринчи ва охириги қатламлардан ташқари, чўлғам қатламлари орасидаги K_0 нинг катта сиғими ва C_0 ердаги изоляция қатламларининг кичик сиғими. Бундай чўлғамлар изоляция қилинган нейтрал билан 35 кВ гача бўлган маҳаллий трансформаторларга ўрнатилади. Бу чўлғамлар экранга эга ва 2.19 в расмда келтирилган.

Бундай чўлғамларда максимал кучланиш U_{max} нинг тақсимланиши дастлабки тақсимотдан биров фарқ қилади. Тупроқли нейтралли қувват трансформаторларида бундай чўлғамлардан фойдаланиш изоляцияни сезиларли даражада тежайди, чунки асосий изоляция қатлами чўлғамнинг барча қатламларини изоляциялашни ўз ичига олади ва юқори кучланишли синов трансформаторлари фақат қатламли ўрашлар билан амалга оширилади.

Айланадиган машиналарнинг чўлғамларида тўлқинларнинг тарқалиши

Электр машиналарининг чўлғамидаги максимал тақсимланган кучланиш момақалдироқ пайтида электромагнит тўлқинларнинг кириб келиши ёки ерга ёйли туташув пайтида импульсларни алмаштириш ёки тармоқдаги генераторни синхрон бўлмаган ёқиш ёки ўчириш туфайли юзага келади. Айланадиган машиналар ҳаво тармоғига нафақат трансформатор орқали, балки тўғридан-тўғри, яъни алоқа трансформаторисиз уланади. Иккала ҳолатда ҳам, фронт томони тик бўлган катта амплитудани киритишда ўта кучланиш тўлқинининг пайдо бўлиши машина чўлғамини ва асосий ва ўрамлараро чўлғамни изоляция қилиш учун хавфлидир. Максимал кучланиш

изоляция қилинган нейтрал билан ишлайдиган машинанинг чўлғамида содир бўлади. Бундай ҳолда, акс эттирилган тўлқинлар ҳосил бўлади, улар ҳодиса тўлқинининг кучланишига ўрнатилади ва уни чўлғамнинг деярли барча нуқталарида кўтаради. Машина чўлғамларидаги тўлқин жараёнларини тўлқин қаршилигига эга бўлган электр узатиш симидаги тўлқин жараёнларига ўхшатиш мумкин, чунки машина чўлғамидаги ўрамлар сиғими кичик ва чўлғамдаги ўрамлар сонининг камайиши билан камаяди. Машиналарнинг чўлғамидаги тўлқин қаршилигининг қийматлари кенг фарк қилади (200 дан 1000 Ом -гача). Чўлғамнинг индуктивлиги ўрамлар сонининг квадратига мутаносибдир ва тўлқин қаршилиги ўрамлар сонининг биринчи кучидир ва тўлқин қаршилиги машинанинг номинал кучланишига ва унинг кучига боғлиқ. Юқори кучланишли машиналарда изоляция қатламининг қалинлиги каттароқдир, бу эса машинанинг қувватининг пасайишига ва натижада тўлқин қаршилигининг ошишига олиб келади. Машинанинг кучининг ошиши чўлғам ўтказгичлари ҳажмининг ошишига олиб келади, бу эса катта труба ўлчамларини талаб қилади. Бундай ҳолда, сиғим ошади, чўлғамнинг индуктивлиги пасаяди ва натижада тўлқин қаршилиги пасаяди.

Машиналарнинг чўлғамларида электромагнит тўлқиннинг тарқалиш тезлиги нотекис. Тўлқин чўлғамнинг паз қисмида (юқори индуктивлик) анча паст тезликка ва фронтал қисмида юқори тезликка эга. Машинанинг ўрамида тўлқин тарқалишининг ўртача тезлиги ҳаводаги ёруғлик тезлигининг тахминан $1/5$ қисмини ташкил қилади ва чўлғамнинг бошида у ўртача қийматдан юқори ва ёруғлик тезлигининг $1/2$ қисмига етади.

Изоляция қилинган нейтрал билан машина чўлғамидаги максимал тақсимланган кучланиш тушаётган тўлқин кучланишининг 170% га етади. Нейтрал ерланганда, чўлғамнинг барча нуқталарида $U_{\max}$ тушаётган тўлқиннинг амплитудасидан ошмайди ва нейтралга 200 Ом -га қаршилик киритилиши чўлғамдаги максимал тақсимланган кучланишни, тушаётган тўлқиннинг амплитудасини 80% гача камайтиради.

2.4. Линиялар, тақсимлаш қурилмалар ва электр машиналарини яшиндан ҳимоя қилиш

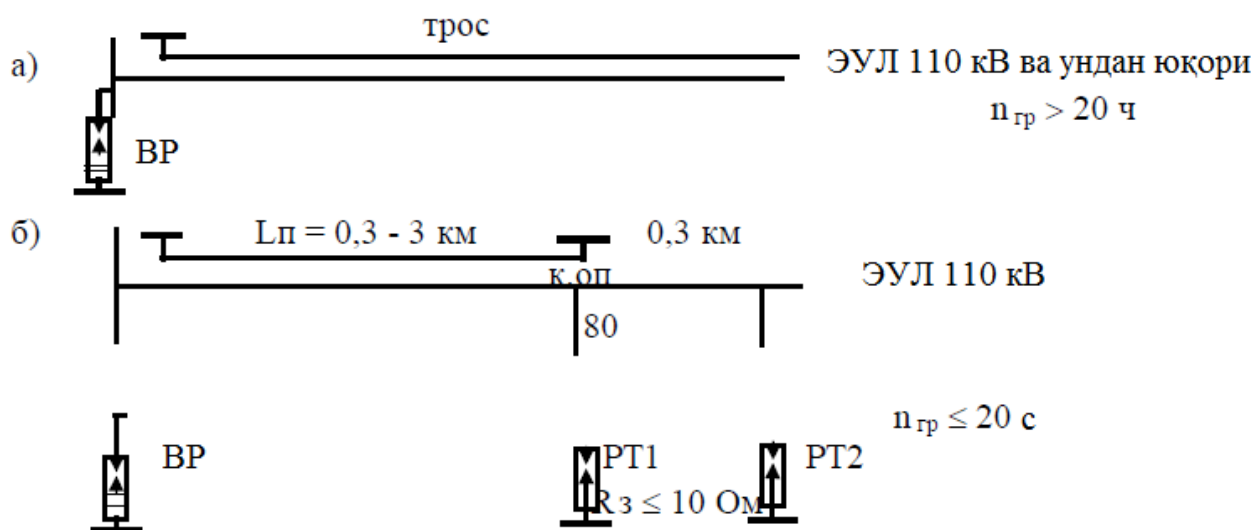
Электр узатиш линияларини яшиндан ҳимоя қилишнинг умумий тамойиллари

Тармоқ симларини яшиндан шикастланиши – бу тўғридан-тўғри чакмоқ уришидан ўта кучланиш ҳосил бўлиши. Агар сим яқинида бундай ўта кучланиш аниқланса, у индукция деб аталади. Тўғридан-тўғри чакмоқ уришидан электр узатиш линиясидаги трос, устун ёки симга, ҳар қандай кучланиш синфининг изоляцияси қоплаши мумкин. Бинобарин, линия ўтадиган ҳудудда момақалдирок фаоллигининг интенсивлиги момақалдирокдан ҳимояланишга қарши танловга катта таъсир кўрсатади. Маълум бир ҳудудда электр узатиш линияларини ишлатиш тажрибаси момақалдирокдан ҳимоя қилиш зарурлигининг энг яхши кўрсаткичидир. Металл (темир-бетон) таянчли линияларда кўпинча трос ҳимояси қўлланилади. Ёғоч таянчли линияларда тросли ҳимоя қилиш фақат 0,3-3 км учун тақсимлаш қурилмаларидан линия қисмида амалга оширилади. Трос билан линиянинг ушбу қисми ёндашув деб аталади. Изоляция қилинган нейтрал ёки ёйни ўчирувчи чўлғам ва кичик қисқа туташув нукталари орқали ерга уланган тармоқларда, бир фазали импульснинг бир-бирининг устига чиқиши барқарор ёйга олиб келмайди, шунинг учун 35 кВ ва ундан паст электр узатиш линияларида трос ҳимояси тарқ этилади ва уни фақат ёндашувларда қолдиради. Шу билан бирга, чакмоқ разряди устун бўйича изоляциянинг бир фазали қоплашни келтиради. Аммо, агар таянчларнинг ерлатиш ўтказгичининг қаршилиги камайтирилса, таянчдан қўшни фазаларга тескари қопланишини олдини олиш ва шу билан бирга ерга икки фазали (уч фазали) қисқа туташувни бартараф етиш мумкин. Ёйни ўчирувчи чўлғам бир фазали қопламанишни муваффақиятли ўчиради. Яшиндан ҳимоя қилишнинг самарали воситаси сифатида 35 кВ ва ундан юқори кучланишли барча линиялар жиҳозланган, автоматик равишда қайта ёқиш (АРҚЁ)

курулмасидир. Бундан ташқари, ерланган нейтрал ва катта ерга туташган тармоқларда оапв линияларга ўрнатилади ва изоляция қилинган нейтрал тармоқларда икки томонлама АРҚЁ ўрнатилади. Бир фазали автоматик равишда қайта ёқиш (БФАРҚЁ) қисқа туташувлар пайтида трансформатор чўлғамларида пайдо бўладиган катта динамик кучлар туфайли ишлатилади, бу трансформатор чўлғамларининг боғлаш мосламаларининг кучини бузади ва АРҚЁ нинг яшиндан ҳимояланишга қарши бошқа чоралар билан комбинацияси автоматик электр узатиш линиясининг ўчирилиши сонини минимал даражада ушлаб туради.

110 кВ ва ундан юқори электр узатиш линияларини яшиндан ҳимоя қилиш

110 кВ ва ундан юқори бўлган электр узатиш линиялари, металл ва темир-бетон таянчларда амалга оширилади ва нейтрал ерлагич тизимларда ишлайди. Иқтисодий сабабларга кўра уларнинг изоляцияси момақалдироқнинг паст даражасига эга (тахминан 20-40 кА). Шунинг учун, мамлакатнинг бўронли ҳудудларида бундай электр узатиш линиялари бутун узунлиги бўйлаб трос билан жиҳозланган. Минора таянчларидаги битта занжирли ва икки занжирли узатиш линиялари П - шаклидаги таянчлардаги линияларга қараганда анча тежамкор. Бироқ, биринчи электр узатиш линиялари пастроқ ҳимоя даражасига эга, чунки уларнинг баландлиги ва каттароқ ҳимоя бурчаги $\alpha = 28-30^0$, шунинг учун трос ҳимояси орқали чақмоқнинг узилиш эҳтимоли П - шаклидаги таянчлардаги электр узатиш линияларига нисбатан ортади, бу ерда иккита трос ётқизилган ва кичикроқ ҳимоя бурчаги $\alpha = 25-20^0$. Шу билан бирга, биринчи электр узатиш линияларида кабелнинг индуктивлиги ошади кабел ва сим ўртасидаги боғланиш коэффициенти пасаяди, шунинг учун кабелга ёки таянчга яқинлашганда таянчдан симга тескари ёпилиш эҳтимоли юқори бўлиши мумкин.



Расм – 2.20. 110 кВ ва ундан юқори электр узатиш линиялари учун чақмоқдан ҳимоя қилиш схемаси а) - бутун узунлиги бўйлаб трос билан; б- ёндашувда трос билан

Электр иншоотларини ўрнатиш қоидалари тупроқнинг ўзига хос қаршилигига R_e қараб таянчларининг ерланган ўтказгичининг қаршилигини нормаллаштиради. $R_e < 10$ Ом таянчларни ерлатгич устидаги трослар остида тавсия этилади. Момақалдирок фаоллиги 20 соатдан кам бўлган линияларда ёки музли жойларда трос фақат L_y электр узатиш линияларининг тақсимлаш қурилмалари яқинида ётқизилади ва сўнгги таянчларни трроссиз линиядан келадиган ўта кучланиш тўлқинларидан ажратиш учун қувурли разрядниклар билан яшиндан ҳимоя қилиш амалга оширилади. Яшиндан ҳимоя қилиш схемалари расм 2.21.

Ёғоч таянчларда 35 - 220 кВ электр узатиш линияларини чақмоқдан ҳимоя қилиш

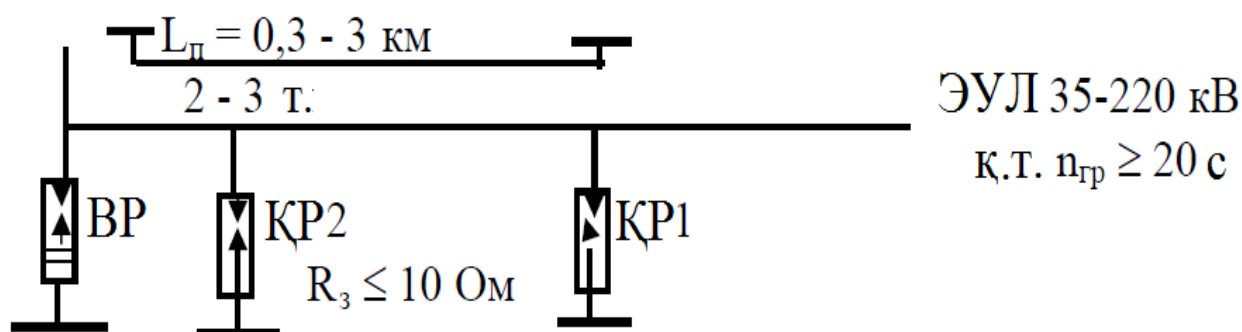
Одатда, 2.21 – расмга мувофиқ II – шаклидаги ёғоч таянчларда 35-220кВ узатиш линияси металл таянчларни етказиб бериш учун эришиш қийин бўлган ҳудудда амалга оширилади ва ёғоч таянчларни ишлаб чиқариш арзонроқ. Ёғочдаги фазалар орасидаги бундай таянчларда изоляция 3 кВ

таянчларда 35 м, 4 кв таянчларда 110 м, 5,25 кв 220 м. 60 кА гача бўлган бундай электр узатиш линияларининг юқори чакмоқ қаршилиги кабелни фақат тақсимларга яқинида ётқизиш имконини беради ва истисно биринчи тоифадаги истеъмолчиларга қувват берадиган 220 кВ линиядир, у ерда у бутун линия бўйлаб ишлайди. Худди шундай, трос 110 ва 220 кВ электр узатиш линияларига юқори момақалдироқ фаоллиги ва масъулиятли истеъмолчиларга етказиб берадиган жойларда ётқизилган. Заифлашган изоляция билан линия жойлари (алоҳида металл таянчлар, лангар таянчлари, ўтиш ёки кесишиш таянчлари, тросли бўлимларнинг охириги таянчлари) қувурли разрядниклар билан ҳимояланган.

Металл ва темир-бетон таянчларда 35 кВ электр узатиш линияларини чакмоқдан ҳимоя қилиш

Изоляция қилинган нейтрал билан 35 кВ тармоқларида ерга туташтириш ёйи одатда бир неча даврларда ўчади, шунинг учун чакмоқни симга тўғридан - тўғри уриши ва танчада фаза лангасини қопланиши линияни ўчирмайди, ёйни узок вақт ёниши оқибатида фазалар аро қисқа туташув ҳосил бўлишига олиб келадиган ҳолатлардан ташқари.

35 кВ электр линиясининг чакмоқ қаршилиги ЭИЎҚ бўйича таянчларнинг ерланган ўтказгичининг $R_{ep} < 40 \text{ кА}$ дан ошмайди.



Расм - 2.21. Ёғоч таянчларда 35 - 220 кВ электр узатиш линиялари учун чакмоқдан ҳимоя қилиш схемаси

Изоляциянинг юқори даражасига таянчларнинг ерлатиш импульс қаршилигини 4-5 Ом –гача камайтириш орқали эришилади. Подстанция изоляциясининг муаммосиз ишлаш йиллари сони

$$M=100/((L_{як} \sum_1^S n_{\dot{y}_T}) n_{гр}) \quad (2.52)$$

бу ерда $m = 100-1000$ йил бир марта қопланиши учун, агар тақсимлаш қурилмасига, ҳар 100 км узунликдаги маълум микдордаги қопланишга $n_{\text{коп}}$ эга бўлган S линиялари ёқилган бўлса ва ҳудудда йилига момақалдироқ кунлари учун маълум микдорда $n_{\text{коп}}$ бўлса. Бундан ташқари, $M = 100$ масъул бўлмаган юклама истеъмолчисида ишлайдиган ёндашув учун хосдир, масалан, 35 кВ гача ва $M = 1000$ -катта қувват тизимларида ишлайдиган ёндашув учун, масалан, 110 - 220 кВ, бу ерда яшинга қарши чидамликнинг юқори даражасига, таянчларнинг ерлатишнинг импульсли қаршилигини камайтириш орқали ҳаракат қилишади, яқинлашнинг хавфли ҳудуднинг узунлиги 1-3 км дан ошмайди. Расм - 2.21 кўра чақмоқдан ҳимоя қилиш схемасида, ҚР1 кирувчи ўта кучланиш тўлқинининг амплитудаси ва тиклигини чеклайди ва шу билан охирги таянчнинг изоляциясини ҳимоя қилади. Ўта кучланиш тўлқинининг тўхтатилганидан сўнг, у ҚР1 -нинг тушири индуктивлиги ва ерлагич қаршилигидаги импульс токидан кучланишни пасайиши туфайли яна ортади.

$R_{ер}$ камайтириш ёки уни ЭИЎҚ бўйича $R_{ер} < 10$ Ом -га мувофиқ бажариш орқали кучланишнинг бу кескин кўтарилишини камайтириш мумкин. Агар ЭИЎҚ бўйича ҚР1 ерлатиш имконсиз бўлса, у ҳолда тақсимлаш қурилмасининг кириш порталидан линиянинг 2 - 3 таянчларида, ҚР1 -нинг ерлагичидаги юқори кучланиш таъсири остида ишончли ишлайдиган ҚР2 ўрнатилади. РТ2 -нинг ерлагич ўтказгичидаги ток ҚР2 ва ҚР1 орасидаги линия қисмининг индуктивлиги билан чекланган. Шундай қилиб, троссиз линиядан кирувчи тўлқиннинг амплитудаси $R_{ер}$ ҚР1 ортиши

билан тақсимлаш қурилмасининг изоляциясида ошмайди, ҚР2 нинг биринчи ва ҳатто иккинчи таянчга ўрнатилиши кучланиш туфайли ишламаслиги мумкин.

3 - 10 кВ электр узатиш линиясининг яшин қайтаргичи

Ушбу линиялар одатда ёғоч ёки темир-бетон таянчларда амалга оширилади ва компенсацияланган ёки изоляция қилинган нейтронли тизимларда ишлайди. Ушбу тизимлардаги паст ерга туташтириш тоқлари ва 20 кА гача бўлган изоляциянинг чақмоққа чидамлилигининг юқори даражаси линияда тросдан фойдаланишни бутунлай йўқ қилишга имкон беради. Ёғоч траверс ёрдамида чақмоққа қаршилиқ даражасини ошириш мумкин. Линиянинг алоҳида участкаларидаги заифлашган изоляцияси (эркин турган металл таянчлар, чорраҳалар таянчлари, ўтиш жойлари, лангарлар) ТТЧУ - лардан ҳимоя қилиш учун стерженли яшин қайтаргичларни ўрнатилишига мухтож ва қувурли разрядниклар билан линия бўйича югириб келаётган ўта кучланиш тўлқинларини чекланишини назарда тутди. Иккинчиси ҳаво линиясининг кабелга ўтиши пайтида сим муфталарини ҳимоя қилиш учун ишлатилади.

Учқунли оралиғлар орқали чақмоқдан ҳимоя тросларини ерлатиш 110 кВ ва ундан юқори линияларда, эриштириш қийин бўлган жойлардан ўтиб, чақмоқдан ҳимоя трослари учқун бўшлиғи билан шунтланган линияли изоляторда осилади. Таянчли учқун оралиғи орқали изоляцияланган тросни бундай қотириш конструкцияси, асосий мақсаддан ташқари монтажларнинг пунктларини (сиғимли танлов), таъмирлаш бригадаларини, тросдаги яхмалакларни эритишда, алоқа ва реле ҳимояси манбаси сифатида ишлатилиши мумкин бўлиши керак. Трослар фақат йўқотишларни камайтириш учун изоляция қилинган, электр узатиш линияларида кабелларнинг қисмлари фақат бир учидан ерлантирилади. Бундай ерлагич

билан саноат частотаси кучланишининг компоненти УО-нинг импульс бузилишидан кейин оқадиган сиғимли ток ҳосил қилади ва нолгача камаяди ва бу вақтда кабелнинг изоляция қилинган учида индукция қилинган магнит компонент, гарчи у иккига ошса ҳам, иш носимметрик режимида бир неча киловольтдан ошмайди. Бундай паст кучланиш УО-да беқарор ёйни сақлайди ва у осонгина ўчади.

Тугалланмаган фаза режимида кабелдаги кучланиш фазалардаги иш кучланишлари ва токларининг ассиметрияси туфайли ортади ва ипдаги ёйни узок вақт ушлаб туриши мумкин. Бундай ҳолда, индуктив қаршилиқ орқали амалга ошириладиган кабелларнинг кўр-кўрона ерлагичи тўлиқ бўлмаган фаза режимида чизикнинг ишлаш муддати учун кабеллардаги кучланишни олдиндан белгиланган даражада ушлаб туради.

Подстанцияни чакмоқдан ҳимоя қилишнинг умумий тамойиллари

Подстанция ускуналари ва коммутаторларнинг изоляция даражаси иқтисодий сабабларга кўра линияларнинг изоляция даражасидан паст. Ускунанинг изоляциясига ТТЧУ электр узатиш линияси симига кирганда тўлиқ импульс тўлқини ёки линия изоляцияси қоплангандан кейин кесилган тўлқин ёки ТТЧУ таянчга (трос) кирганда тик тўлқин таъсир қилиши мумкин, сўнгра линия изоляциясининг қопланиши, изоляция ёки линия сими яқинида чакмоқ урилганда индукцияланган кучланиш импульслари орқали.

Момақалдирок табиатининг барча ўта кучланиш тўлқинлари нафақат юқори амплитуда, балки турли шакллар, жабҳалар ва давомийликларда ҳам хавфли бўлади. Линия бўйлаб тарқаладиган импульсли кучланиш тўлқини импульсли тож шаклланиши ва ернинг қаршилиги туфайли деформацияланади ва сусаяди. Энергия тожнинг қопламасини шакллантиришга сарфланади, электродинамик сиғимнинг пайдо бўлиши фронтни текислайди ва бу вақтда қисқа ёки кесилган пулс тўлқин амплитудасини пасайтиради. Фаол йўқотишлар туфайли ўта кучланиш

тўлқинининг фронт қисмининг амплитудаси ва чўзилишининг пасайиши боғлиқликлар билан баҳоланиши мумкин

$$U_o = U_{\max} \exp(-\alpha \sqrt{x}); \Delta\tau_{\phi} = (0,5 + (0,008 U_{\max}) / h) (1 / K) \quad (2.53)$$

бу ерда $U_{\max}$ – чақмоқ уриш жойидаги кучланиш импульсининг амплитудаси, кВ; x -ҳисобланган нуқтанинг зарба нуқтасидан масофаси, км; α – 0,07 кВ ва ундан юқори электр узатиш линиялари учун 0,5-110 км га тенг коэффициент; h – осма симларнинг ўртача баландлиги, м; K –коэффициент; 1,0; 1,1; 1,45; 1,55 га тенг фазадаги симлар сони билан мос равишда 1, 2, 3, 4 ва ундан кўп.

Ускунанинг изоляциясига кирадиган ўта кучланиш тўлқинларининг чекланиши вентил разрядниклари томонидан амалга оширилади, паст даражадаги ёки юқори даражадаги чақмоқ изоляцияси қувурли разрядниклар билан ҳимояланган бўлиши мумкин. Ушбу қурилмаларни ўрнатиш жойи ўта кучланиш импульсларининг шакллари ва амплитудаларининг мумкин бўлган комбинацияларини ҳисобга олган ҳолда танланади. Электр жиҳозларига кировчи тўлқин тўлқинларини чеклашдан ташқари, ТТЧУ -лардан станциялар ва подстанцияларнинг очиқ тақсимлаш қурилмаларини ажратиш учун электр узатиш линиялари томонидан чақмоқдан ҳимоя таъминланади.

Подстанцияларни кировчи тўлқинлардан (ўта кучланишлардан) ҳимоя қилувчи яшин қайтаргич

ТТЧУ троссиз линиянинг симига уланганда, кабелдан ёки таянчдан чақмоқ кириш симига тескари копланишлар билан трос орқали тросли электр узатиш линияси симига ўтиб, пасаювчи электромагнит тўлқини ҳосил бўлади, тақсимлаш қурилмаларининг электр жиҳозларига ёки подстанцияга киради. Ушбу ўта кучланиш тўлқинининг максимал амплитудаси таянчларнинг линия изоляциясининг бир-бирининг устига чиқиши миқдори билан баҳоланади. Шу билан бирга, таянчларни ерлантириш тўлқин

амплитудасини камайтириши мумкин. Кирувчи тўлқинлар вентил разрядниклари билан чекланган бўлиб, унда юмшоқ волт-сония хусусиятлар химояланган изоляциянинг кучи билан мувофиқлаштирилади. ВР 5-14 кА даражасида тоқларни чеклайди ва тўлқиннинг тиклигини пасайтиради. Агар тўлқин узоқ масофани босиб ўтгандан кейин ВР -га келса, у ҳолда разрядникдан ўтадиган ток қуйидагича аниқланади

$$i_p = (2U^+ + U_p) / Z \quad (2.54)$$

ёки баъзи тахмин ва захира билан $i_p = 2 U^+ / Z$. Металл таянчлардаги 110 кВ электр узатиш линиялари, $U^+ = U_{50\%} - 700$ кВ, $I_p = (2 \cdot 700) / 400 = 3,5$ кА бўлганда, бу эса мақбул бўлган. Агар ВР яқинида ўта кучланиш тўлқини ҳосил бўлган бўлса, масалан, ТТЧУ энг яқин таянчда содир бўлганида, сўнгра зарарланган таянчининг ерлагич қаршилиги R_e устига қопланган бўлса, унда ВР –да U_p кучланиши тезда ўрнатилади, у ҳолда разрядник орқали ўтаётган ток қуйидагига тенг

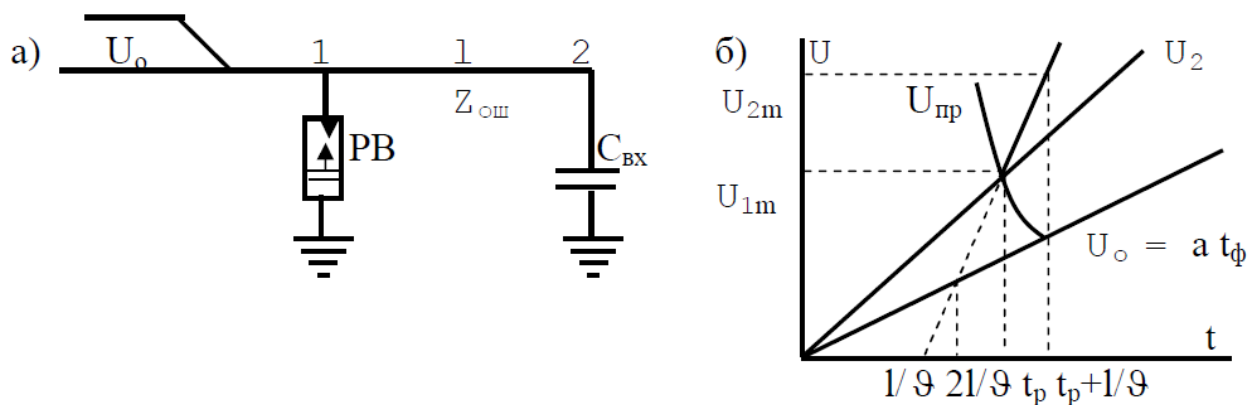
$$i_p = i_{ch} - U_p / R \quad (2.55)$$

Юқори тоқларда РВС-110 разрядникда қолган кучланиш $U_{қолд.} = 400$ кВ, агар $R_e = 10$ Ом бўлса. Чақмоқ тоқининг максимал қиймати $U_{max} = 100$ кА, кейин разрядник орқали ток қабул қилинмайдиган даражада катта, (2.55) – бўйича $I_p = 100 - (400 / 10) = 60$ Ка тенг бўлади. Шунинг учун, ВР -га яқинидаги тақсимлаш қурилмалар шиналарида ТТЧУ -лар айниқса хавфли ва юқори номинал кучланишларда. ТТЧУ -лар подстанцияларнинг шиналаридан 1-3 кМ га узоқлаштирилганида, разрядник орқали максимал ток тугунлардан такрорий акс эттирилгандан сўнг эришилади - бу нуқталар ичида: бузилиш жойи ва разрядникнинг уланиш жойи, тўлқин давомийлигига мос келадиган вақт учун, максимал ток вақтигача, чақмоқ тоқининг оний қиймати тушади. Разрядник орқали ток ТТЧУ ва подстанциянинг шиналари орасидаги масофа

ортиши билан камаяди. Шундай қилиб, ВР орқали токни чеклаш ёки унинг муваффақиятли ишлашини таъминлаш учун подстанциянинг тақсимлаш қурилмалари яқинидаги электр узатиш симига ТТЧУ -ни чиқариб ташлаш ёки бундай таъсирлар эҳтимолини камайтириш керак. Шу мақсадда линиянинг подстанцияга (ёндашувга) туташган узунлиги 1-3 км бўлган қисми, тросли яшин қайтаргич билан ҳимояланади. Электр узатиш линияларини бутун узунлиги бўйлаб трос билан чақмоқдан ҳимоя қилганда, таянчларнинг ерлагич қаршилиги паст ва ҳимоя бурчаги катта эмаслигига алоҳида эътибор берилади. Ҳимояланган ўтиш подстанцияга юқори тиклик билан тўлқинларнинг кириб боришини чеклайди. ВР асосан шиналарга, трансформаторларга ва шинанинг тугун нуқталарига ўрнатилади. Шиналаш бўйлаб разрядникдан маълум бир масофада узоқлаштирилган қурилма ва жиҳозларнинг бир қисми, тўлқиннинг тиклигини ва ҳимояланган объектдан ВР-гача бўлган шиналашни узунлигини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланган ҳимоя зонасига эга бўлиши керак.

Ускунанинг изоляциясини ҳимоя қилиш учун учқун бўшлиғини ўрнатиш жойини танлаш принципи

Расм - 2.22 а -га мувофиқ разрядникнинг ҳимоя функцияси, $Z_{шин.}$ тўлқин қаршилигига эга бўлган шиналаш бўйлаб ускунани изоляциясидан масофада жойлашганида ҳисобланади. Момақалдирок импуслари тик фронт ва қисқа муддатга эга бўлганлиги сабабли, ўта кучланишни таҳлил қилиш учун $S_{кир}$ кириш қувватига эга ускуналарни изоляциялаш 2.22 а расмга мувофиқ ҳисоблаш схемасига киритилади. Сигимдаги кучланишнинг ўзгариши ва ўта кучланишнинг тушаётган электр магнит тўлқинидан, бўлган электромагнит тўлқин тўлқинидан 2.22 б расмга мувофиқ қурилмалардаги кучланишни ошиб кетишини баҳолашга имкон беради.



Расм – 2.22. а) Ҳисоблаш схемаси б) ва вентилли разрядникдан узокда жойлашган ускунадаги максимал кучланишни баҳолаш

Ҳисоб-китобларда кирувчи тўлқин қия фронт t_{ϕ} ва тиклик $a = U_0/t_{\phi}$ билан ифодаланади. Таҳлилни соддалаштириш ва ўта кучланиш қийматини олиш учун $C_{\text{кпр}} = 0$ қабул қилинади, у ҳолда $\tau = 1\theta$ тенг вақтдан кейин, U_0 тўлқини 2-нуқтага келади ва уни худди шу белги билан акс эттиради. 1-нуқтада, акс эттирилган тўлқин τ вақтдан кейин тушаётган импульсга таъсир қилади. Ҳозирги вақтда умумий кучланиш таъсири остида t_p , ВСХ $U_{\text{ўрн}}$ мувофик, ВР учкун оралиғларининг бузилиши содир бўлади ва 1-нуқтада кучланиш камаяди. Шунинг учун, ВР бузилишидан олдин, ундаги кучланиш қуйидагича ифодаланади

$$U_{1m} = a t_p + a (t_p - (2 l / \theta)), \quad (2.56)$$

ва 2-нуқтадаги кучланиш τ вақтида ортади ва қуйидагига етиб боради

$$U_{2m} = 2 a t_p. \quad (2.57)$$

Шундан кейингина, 2-нуқтадаги кучланиш пасайишни бошлайди, чунки бунда вақт линияли бўлмаган қаршилик ВР ва 1-нуқтада мос келадиган синиши ва акс еттириш коэффицентлари билан ҳисобланган шиналаш қаршиликлари уланади. Ҳимояланган объект ва разрядникдаги кучланиш фарқи қуйидагича бўлади

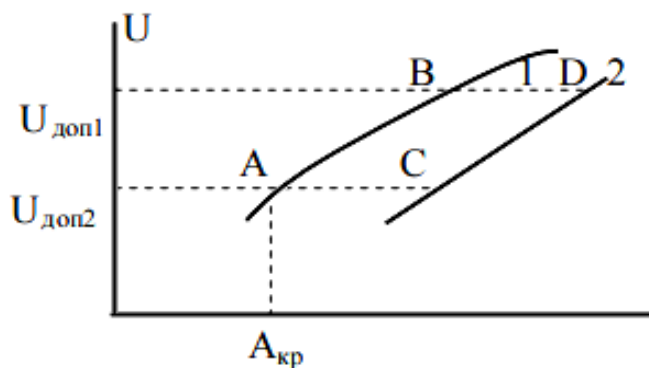
$$\Delta U = U_{2m} - U_{1m} = 2 a l / \vartheta = 2 a \tau. \quad (2.58)$$

Шундай қилиб, химояланган ускунада максимал кучланиш U_{2m} шунчалик юқори бўйи, агар ускуна разрядникдан узоклаштирилган ва тушаётган тўлқинининг фронти қанчалик тик бўлса. ΔU изоляцияни мувофиқлаштириш оралиғи деб аталади ва ВР ўрнатиш жойини химояланган объектга яқинлаштириш ва кирувчи пулснинг тиклигини камайтириш орқали уни камайтиради. Бундан ташқари, ВР ва изоляция орасидаги масофада l , импульснинг фронт узунлигини t_f чеклаш ёки тўлқиннинг тиклигини чеклаш керак a ва аксинча, берилган тикликда a , масофани l чеклаш керак, U_{1m} ва U_{2m} изоляциянинг бардош бераётган кучланишининг эгри чизиғидан (электр мустаҳкамлик) ёки унинг вольт-ампер хусусиятларидан ташқарига чиқмаса. Шундай қилиб, ВР изоляциянинг хусусиятларига ва кирувчи ўта кучланиш тўлқинининг параметрларига қараб, ВР маълум бир химоя зонасига эга.

Подстанцияга химояланган ёндашув узунлигини баҳолаш

Подстанцияни таксимлаш қурилмаларига химояланган ёндашувнинг узунлиги чақмоқдан химоя анализаторида олинган кирувчи ўта кучланиш тўлқинининг рухсат этилган (танқидий) тиклиги асосида баҳоланиши керак. Анализатор кирувчи пулснинг тиклигига қараб подстанциянинг турли нуқталарида максимал ўта кучланиш қийматларини экспериментал равишда олишади: трансформаторнинг шиналашида ва ажратгичда иложи борица разрядникдан узокда. Ҳисобланган импульс сифатида линияли изоляциянинг импульсли зарядсизланиш кучланишининг 50% га тенг амплитудали қия кучланиш тўлқини олинади. Бундай кучланишларнинг боғлиқлиги расм - 2.26 -да келтирилган. A ва B нуқталарининг абсиссаслари $a_{кр}$ -нинг критик қиялиги қийматларини беради, бу эса мос келадиган изоляция учун хавф туғдиради, чунки кучланиш рухсат этилган қийматдан ошади. Шунинг учун

A ва B - трансформаторнинг ички ва ташқи изоляцияси учун жуда муҳим тикликдир; C ва D линияли ажратгич яқинидаги қурилмаларнинг ички ва ташқи изоляцияси учун. Подстанция ускунасининг изоляциясига зарар етказиш эҳтимоли подстанцияга $a > a_{кр}$ тиклиги билан ўта кучланиш тўлқинининг келиши эҳтимолига тенг



Расм - 2.23. Кирувчи импульснинг танқидий тиклигини баҳолаш 1 - трансформатор шинидаги импульс кучланиши; 2 - масофадан ажратгичда бир хил; $U_{р.э.1}$ - ички изоляциядаги рухсат этилган кучланиш; $U_{р.э.2}$ - ташқи томондан бир хил

Ҳимояланган ёндашувнинг узунлиги тахмин қилинади

$$L_{\epsilon} > U_{50\%} / A_{кр} \Delta\tau_{\phi}, \quad (2.59)$$

бу ерда $U_{50\%}$ линияли изоляциянинг импульс разряд кучланиши, кВ; $\Delta\tau_{\phi}$ -бу формула бўйича ҳисобланган тож таъсирида умумий пулснинг фронт қисмининг чўзилиши

$$\Delta\tau_{\phi} = (0,5 + 0,008 U_{max} / h)(1 / K), \quad (2.60)$$

бу ерда U_{max} - умумий кучланиш пулсининг амплитудаси, кВ; h - симларнинг осилишининг ўртача баландлиги, м; K - 1,0; 1,1; 1,45; 1,55 га тенг коэффициент; мос равишда фазадаги симлар сони 1, 2, 3, 4 ва ундан ортиқ.

Ҳар хил номинал кучланишли подстанцияларнинг изоляциясини чақмоқдан ҳимоя қилиш

Подстанцияни чақмоқдан ҳимоя қилиш самарадорлиги изоляцияга чидамлилиқ кўрсаткичи билан баҳоланади, бу муаммосиз ишлаш йиллари сони:

$$M = 1 / (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) = 100 - 1000 \text{ лет} \quad (2.61)$$

бу ерда $\beta_1 = n_{\text{ур.с.}} P_{\text{ўт.}} P_{\text{коп.}} n_{\text{м.}} / 100$ - бу ерда тросли ҳимоядан яшинни ўтиши туфайли подстанция изоляциясининг қопланишларни ўртача сони; $n_{\text{ур.с.}}$ 100 момақалдирок соат бошига яшин уришлар сони, $6.7 (A + 7H) (B + 7H) 10^{-6}$ сифатида белгиланган, бу ерда A - узунлиги, B - кенглиги, H - подстанция баландлиги, м; $P_{\text{ўт.}}$ - 0,05 ёки 0,005 га тенг бўлган чақмоқ ўтиш эҳтимоли; $P_{\text{коп.}}$ - ТТЧУ -да изоляция қопланиши эҳтимоли, бу нисбатдан критик ток билан баҳоланади $I_{\text{кр.}} = 2 U_{50\%}/Z$; $n_{\text{м.}}$ - подстанция ҳудудидаги момақалдирок соатлари сони; $\beta_2 = n_{\text{ур.с.}} (1 - P_{\text{ўт.}}) P_{\text{к.к.}} n_{\text{м.}}/100$ - бу чақмоқ ўтказгичидаги ТТЧУ пайтида изоляциянинг тескари қопланишлар сони, бу ерда $P_{\text{к.к.}}$ - чақмоқ урганда тескари қоплама эҳтимоли чақмоқнинг критик токи билан белгиланади $I_{\text{кр}} = (U_{50\%} - 50 \text{ л}) / R_{\text{и}}$ ва изоляторлар шодасининг тескари қопланиши мумкин бўлганда, $R_{\text{и}}$ подстанция ерлагичининг импульсли қаршилиги, l - эса 50% -ли импульсли разряд кучланишида порталдаги изолятор шодасини маҳкамлаш нухтаси;

$\beta_3 = 4 h_{\text{тр}}(P_{\alpha} + (1 - P_{\text{д}}) (4 h_{\text{т.}} P_{\text{т.}}/l) + (1 - 4 h_{\text{т.}}/l) P_{\text{тр}}) (n_{\text{м.}}/100) (s l_{\text{п}}/100)$ - изоляцияни қопловчи тўлқинларнинг ўртача йиллик сони,

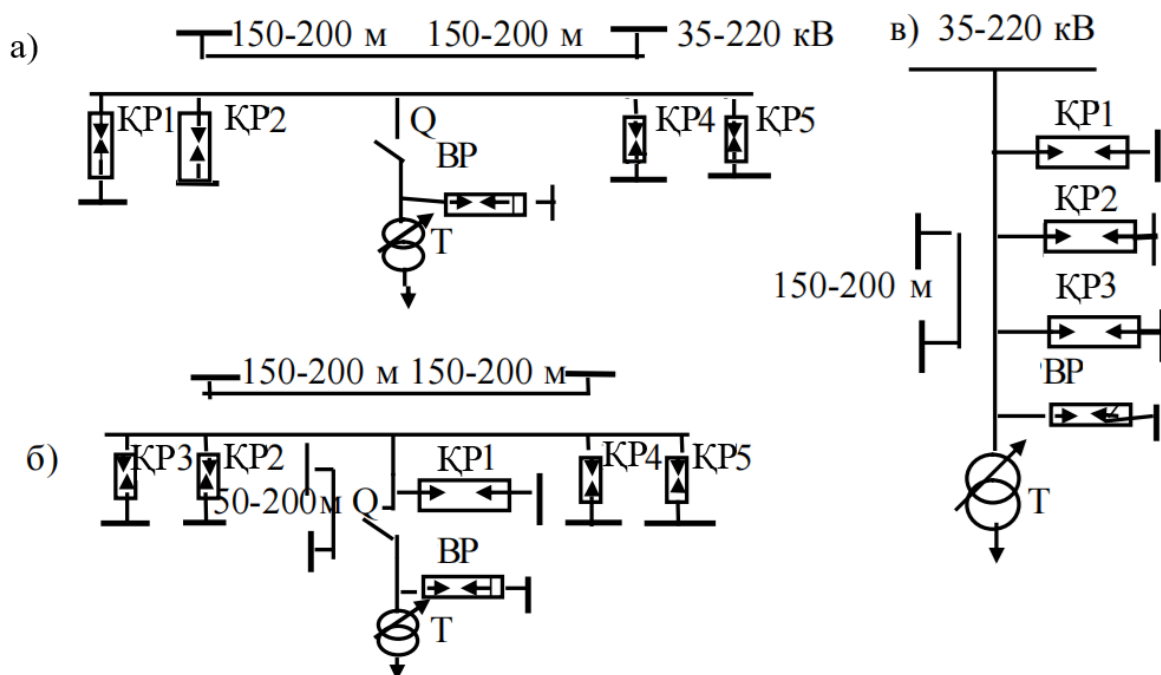
бу ерда $l_{\text{э}}$ - подстанцияга ҳимоя ёндашувининг узунлиги; s - подстанцияга мос келадиган линиялар сони. 220 кВ гача бўлган подстанцияларни чақмоқдан ҳимоя қилиш СВР разрядниги хусусиятларига мос келадиган ускунанинг изоляция даражасига боғлиқ. СВР -ни ўрнатиш жойи трансформаторда коммутация мосламасидан олдин, агар у юқори даражадаги изоляцияга эга бўлса, ва коммутация мосламасидан кейин, агар коммутацион

қурилмаларнинг ўта кучланишини чеклаш вазифаси разрядникга тайинланган бўлса, танланиши мумкин. Бундай ҳолларда разрядникнинг ишлаши мураккаб бўлмаслиги учун 330 - 750 кВ кучланишли трансформаторлар ва реакторлар шиналарга коммутация қурилмаларисиз уланади. 220 кВ подстанциялар учун ҳар бир шина фазасига битта разрядник ўрнатилган, 330 - 500 кВ подстанциялар учун ҳар бир разрядник орқали токнини ва улардан кейин қолган кучланишни самарали камайтириш учун 750 кВ ва ундан юқори кучланишли иккита комплект тавсия этилади.

Ўта юқори кучланишли ЎЮК линияларида, 220 кВ гача бўлган электр узатиш линияларидан фарқли ўлароқ, коммутация ўта кучланишининг амплитудаси ва тиклигини камайтириш учун комбинацияланган магнитли вентилли разрядник (КМВР) вентилли разрядниклари ёки ЎКЧ кучланиш разрядниклари ишлатилади. Агар ички ўта кучланиш даражаси паст бўлса, унда КМВР ва ЎКЧ учқун бўшлиғини магнитли ёй ўчирадиган вентилли разрядник (МЁЎВР) чақмоқ кўтаргичлари билан алмаштириш мумкин. Изоляция қилинган ёки ерланган нейтрал трансформаторларнинг киришларида бундай ўта кучланиш содир бўлганда (қисқа туташув тоқларини камайтириш учун), унинг чўлғамларида тебранишлар ривожланади, бу нейтрал изоляция учун хавфли бўлиши мумкин. Унинг изоляциясини ҳимоя қилиш учун трансформаторнинг кучланиш синфидан паст бўлган номинал кучланишли стационар вентилли разрядник (СВР) типдаги вентил разрядниги ёқилади. 35 - 220 кВ кучланиш билан тўлиқ бажарилган ажратилган подстанциялари ВР дан 10 м гача бўлган масофада жиҳозларга эга ва кирувчи пулсининг тиклигини чеклашни талаб қилмайди. Бироқ, вентилли разрядникларида иккинчисининг шикастланишига олиб келадиган яқин бўлган ТТЧУ -ларни олдини олиш учун, масалан, ёғоч таянчли линияда трос бўлмаса ёки подстанцияга ҳаракат қилаётган чақмоқ импульсини 2.24 а, расм бўйича иккита қувурли разрядник комплекти билан чеклаш керак, бу чақмоқ тоқининг муҳим қисмини ерга йўналтиради ёки

подстанцияга энг яқин масофани чекланган миқдордаги разрядниклар комплектини ўрнатиш билан трос билан ҳимоя қилади. Агар линиянинг бутун узунлиги бўйлаб трос мавжуд бўлса, у ҳолда кўчма ҳам бутун узунлиги бўйлаб у билан ҳимояланган ва 2.24 А ва Б расмларига мувофиқ қувурли разрядникларни ўрнатиш талаб қилинмайди.

3 - 10 кВ -ли тақсимлаш қурилмалари ва уларга келадиган электр узатиш линиялари камдан-кам ҳолларда чакмоқ билан урилади, юқори чакмоқ қаршилигига эга, яхши экранланган, шунинг учун 150 - 300 м ичида расм - 2.24 в бўйича линияга ўрнатилган РТ1 учкун оралиғининг қўшимча комплекти, электр жиҳозларининг изоляциясини ҳимоя қилмайди. Линиянинг ушбу қисмининг индуктивлиги ўта кучланиш тўлқини бўйлаб кучланиш кўтарилишига олиб келади, бу РТ2 разрядникнинг ишончилигини оширади.



Расм - 2.24. Кўчкилардаги подстанцияларнинг чакмоқдан ҳимоя қилиш схемалари а) - трансформатордан линиягача бўлган масофа (кўчки) 5-10 м, б) - ҳам 50-200 м, в) - 200 м -дан ортиқ

Электр машина изоляциясини чақмоқдан ҳимоя қилиш

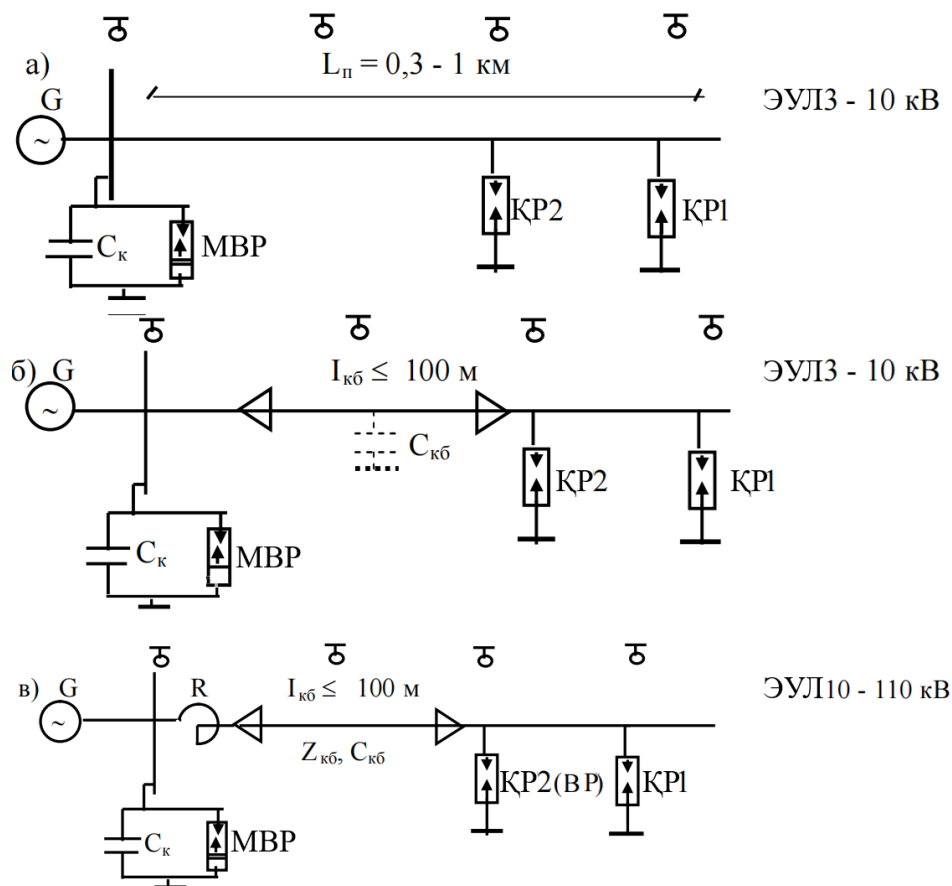
Электр машиналарининг изоляцияси чақмоққа чидамлилиги паст, аммо электр қуввати етарли, ишчи кучланишидан бир неча барабар юқори. Пульс коэффициенти янги изоляция учун 1,3 - 1,6 ва ишлатилган изоляция учун тахминан 0,7 - 1 қийматга эга. Яхшиланган МВР типдаги хусусиятларга эга ЎКЧ машинанинг киришидаги ўта кучланишни чеклаши керак. МВР хусусиятларига эга машиналарни изоляциялашнинг импульс кучини мувофиқлаштириш учун нейтралда кучланиш чегарасини таъминлаш керак, бу эса машинанинг бўйлама изоляциясини ҳимоя қилади.

Агар генератор алоқа трансформатори орқали электр узатиш линиясига уланган бўлса, у ҳолда разрядниклар генератор кучланишига ўрнатилмаслиги мумкин. Улар ўрнатилганда, МВР разряднигига паралел равишда уланиши керак бўлган C_k -нинг косинус сиғими билан тўлқин пулсининг тиклигини кўшимча чеклашга ҳожат йўқ.

Ҳаво линиясига уланган электр машинани чақмоқдан ҳимоя қилиш биринчи гуруҳнинг ТВР типдаги разрядниклари томонидан муваффақиятли амалга оширилади. Бу разрядникнинг қолган кучланиши ва магистралдаги рухсат этилган кучланиш ўртасидаги мувофиқлаштириш оралиғини ошириш учун керак машинанинг изоляцияси. Ўрамлараро изоляциянинг ишончли ишлашини таъминлайдиган тикликни чуқурроқ камайтириш учун косинус сиғимлари разрядникга паралел равишда ёқилади. Чеклаш 1-2 кВ / мкс гача амалга оширилади.

Генератор ва электр узатиш линиясининг уланиш схемалари қуйидагиларни ифодалайди: 3 - 10 кВ кучланишли тақсимлаш қурилмалари, 500 - 600 м ичида подстанцияга яқинлашганда чақмоқдан ҳимоя қилади, ТТЧУ дан стержен типдаги яшин қайтаргичлари билан ясалган ва кирувчи тўлқинни линиянинг ёндашувидагидак, расм - 2.26 бўйича генератор шиналарида ҳам чеклайди. А, бу ерда C_k нинг косинус сиғими кучланиш пулсининг тиклигини чуқур чеклаш учун ишлатилади; разрядникларнинг

ерлагич қаршилиги 5 Ом -гача бўлиши керак, агар уни шу тарзда бажариш имконсиз бўлса, охириги таянчдан кейин иккинчисида ҚР2 қувурли разрядникнинг иккинчи тўплами талаб қилинади;



Расм - 2.25. электр тармоғига трансформаторсиз уланишга эга бўлган электр машинасини изоляциялаш учун чақмоқдан ҳимоя қилиш схемалари а) - электр узатиш линиясининг чақмоқ стерженлари билан яқинлашишини чақмоқдан ҳимоя қилиш; б), с) - кабел қўшимчаси билан коммутаторни чақмоқдан ҳимоя қилиш билан бир хил

Расм 2.25 б ва в бўйича 3-110 кВ тақсимлаш қурилмалари, 1.5-2.5 мкФ -дан юқори умумий сиғимга эга бўлган кабел қўшимчаларга эга, бир косинусли сиғимни C_k ўрнатиш кўзда тутилмайди; реактор R -эса қисқа туташув токини чеклаш учун ишлатилади.

2.5. Ички ўта кучланиш

Умумий маълумот

Ички ўта кучланишнинг физик тасвири тебранувчи ўткинчи жараёнлар билан шартланган, электр занжиридаги турли ҳолатлар туфайли ток ўтказувчи қисмларда бошланғич ҳолатдан барқарор ҳолатга кучланиш тақсимотига келиб чиқади. Ҳақиқий тармоқда режалаштирилган ёки мунтазам вазиятлар ёки ғавқулдда вазиятлар мумкин. Ўрганилган ички ўта кучланишни икки гуруҳга бирлаштириш мумкин:

коммутацион ўта кучланишлар, электр қурилманинг коммутацияси бажарилганда ва шунингдек, ёйни ер билан туташканда, ўткинчи жараён билан боғлиқ;

резонансли ўта кучланиш, носимметрик ёки ассиметрик иш режимига эга тизимдаги барқарор резонансли тебранишлар билан сезиларли даражада боғлиқ.

Коммутацион ўта кучланишларига қуйидагилар киради:

- ўта юкланган узун линияларнинг ва конденсатор батареяларининг сиғимли юкламасини узишда;
- узун линияларни ёқишда, хусусан, автоматик равишда қайта ёқилганда;
- юкланмаган трансформаторларни, асинхрон моторларни ёки реакторларни ажратишда;
- изоляция қилинган ёки компенсацияланган нейтралли тармоқларда ёйнинг ерга туташishi ва беқарор бўлса.

Резонанс ўта кучланишга қуйидагилар киради:

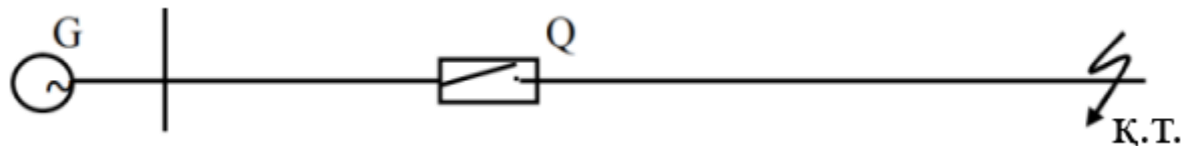
- носимметрик ва ассиметрик иш режимлари билан узун линиялардаги иш частотасида;
- носимметрик режимда айланадиган машиналарнинг ўз-ўзидан қўзғалиши туфайли;
- носимметрик тармоқ иш режимида юқори гармоникаларда;

- пўлат занжирларнинг линияли бўлмаган параметрлари туфайли юқори ва пастки гармоникаларда феррорезонанс ўта кучланиш.

Атмосфера ўта кучланишининг самарали чекловлари туфайли ички ўта кучланиш электр иншоотларининг изоляция даражасини белгилашда, айниқса ўта юқори кучланишда тобора муҳим рол ўйнайди. Бу ички ўта кучланишнинг максимал қарралигини баҳолашда ва уни чеклайдиган воситаларни танлашда бошқарилиши керак бўлган ҳақиқий жараёнлардир.

Электр узатиш линиясини ёйни қайта ёқиш билан узиш

электр линиясининг изоляция даражаси етарлича юқори ва шунинг учун изоляторлар шодаси бўйлаб ерга кичик ток тоқлари, шунинг учун линия қувватидаги заряд ўчиргич Q томонидан ўчирилгандан кейин қолади, расм 2.26 бўйича. Линиянинг бошида U_ϕ кучланишига эга бўлган ўзгарувчан ток генератори ёқилади ва линиянинг охири ажратилади.



$$-U_\phi + U_\phi + U_\phi$$

$$-2U_\phi - U_\phi$$

$$+U_\phi - 2U_\phi$$

$$+3U_\phi + 2U_\phi$$

$$-U_\phi + 4U_\phi$$

$$-5U_\phi - 3U_\phi$$

$$9U_\phi$$

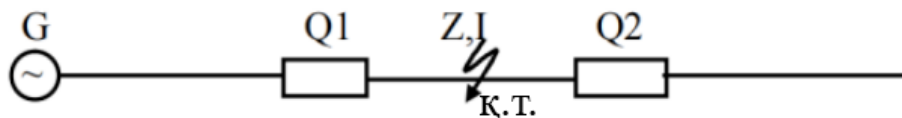
Расм - 2.26. Салт режимда электр узатиш линияларини ўчириш схемаси

Ўчиргич зарядлаш токи нол қийматдан ва кучланиш максимал қийматдан ўтган пайтда линияни ўчиради. Генератор ўчирилган бўлса-да, линия кучланиш $+U_{\phi}$ остида қолади, чунки ундаги ток оқиши муҳим эмас. Генератор ўчирилган пайтдан бошлаб ярим муддат ўтгач, унинг терминалларидаги кучланиш белгини ўзгартиради ва $-U_{\phi}$ га етади. Ўчиргичдаги потенциал фарқ $-2U_{\phi}$ га ошади. Агар ҳозирги вақтда ўчиргичнинг контактлари орасидаги масофа ҳали ҳам кичик бўлса, бу юқори тезликли ўчиргичлардан ташқари барча турдаги ўчиргичларга хосдир, бу ерда ораллиғнинг электр мустаҳкамлиги 0,08-0,1 дан кейин тикланади, кейин ораллиғнинг тешилиши ёки ёй ёниши вақт давомида занжирни қайта ёқилиши. Бундай ҳолда, линия $-U_{\phi}$ кучланишига зарядланади, чунки $-2U_{\phi}$ амплитудаси билан ёйни қайта ёқишдан электромагнит тебраниш линияга тарқалади, бу линия қувватининг қолдиқ кучланишига ўрнатилади. Очик линия охирида кучланиш тўлқини $-U_{\phi}$ белгининг сақланиши билан акс этади ва натижада олинган қиймат $-2U_{\phi}$ амплитудаси билан тўғри контактга келади. Бу вақтда ўчиргичдаги ток нолга тушади ва ўчиргичдаги ёй ўчади. Ярим даврдан сўнг, манбанинг кучланиш белгисининг ўзгариши tU_{ϕ} файли ўчиргичдаги кучланиш $+3U_{\phi}$ тиклаш қийматига етиши мумкин, бу ёйнинг яна ёниши ва ўта кучланиш линияси бўйлаб тарқалиши учун етарли бўлиши мумкин. Назарий жиҳатдан, $9U_{\phi}$ гача бўлган контактларни ажрашиши пайтида ёй қайта ёнганда, юкланмаган линиялар узилганда, у $(4.0-4.5) U_{\phi}$ га кўтарилади.

Электр узатиш линияси қайта ёқилганда ўта кучланиш

Токсиз пауза пайтида беқарор қисқа туташувларни ўз-ўзини йўқ қилиш учун электр узатиш линиясида автоматик қайта фаоллаштириш ўрнатилади. Бир фазали қисқа туташувлар (қисқа туташув) ҳолатида, 2.27-расмга мувофиқ электр линияси, иккала томондан ўчирилган, бу токсиз пауза ҳосил қилади. Бундан ташқари, Q1 ва Q2 ўчиргичларининг ҳаракат вақтининг

тарқалганлиги тУфайли улар бир вақтнинг ўзида линияда ўчирилмайди ва ёқилмайди. Айтайлик, В1 линияни охирги ва биринчи бўлиб узиб қўйди



Расм - 2.27. Бир томонлама таъминот манбаи ва АҚЁ бўлган тармоқ схемаси уни ёқади, шунинг учун линия Q2 ўчиргичи билан ўчирилганда, линиянинг соғлом фазаларидаги кучланиш барқарор ҳолатда ўта кучланишга тенг бўлади

$$U_o = U_{уст} K_{к.т.}, \quad (2.62)$$

бу ерда $U_{ўрн}$ -носимметрик режимдаги барқарор ҳолатдаги кучланиш линиядаги ЕМФ орқали сиғим: $U_{ўрн} = E / (1 - (1 / \omega))$; $K_{к.т.}$ -бир фазали қисқа туташувлар учун кучланишни ошириш коэффициенти.

Линиянинг соғлом фазаларини озиқлантириш босқичларида, сиғимли ток оқади ва нол белгисидан ўтиш пайтида узилганда, симлардаги кучланиш бориш учун тенг амплитуда U_o қийматга эга. В1 узилганда, унинг контактларида, линиянинг қувватидаги қолдиқ зарядлардан симлардаги кучланиш ва ерга паст ток токлари туфайли такрорий ёй ёниши содир бўлади. Ушбу кучланиш ёмғир коэффициенти K_g томонидан ҳисобга олинадиган АҚЁнинг зарбасиз паузасининг давомийлигига қараб камаяди. Ёмғирда ҳозирги токнинг ўтказувчанлиги юқори ва қуруқ об-ҳаво шароитида у кичик. Токсиз пауза билан $t = 1с$, $K_g = 0,5$; $\Delta t = 0,4с$ -да, $K_g = 0,6$;

$\Delta t = 0,2с$ -да, $K_g = 0,7$. Шунинг учун, K_g -ни ҳисобга олган ҳолда, АҚУ ишлаши пайтида ўта кучланишнинг пасайиши кузатилади:

$$U_o = U_{\ddot{y}p} K_{k.t.} K_g. \quad (2.62)$$

Линиянинг соғлом фазаларидаги вақтинчалик жараён ҳали ҳам АҚЁ нинг ҳар қандай ишлаши учун оддий тебраниш даври формулалари билан ифодаланади. Ҳисоб - китоблар шуни кўрсатадики, муваффақиятли ва муваффақиятсиз АҚЁ билан U_o нинг максимал қиймати (3-3,5) U_ϕ га етади. Бир вақтнинг ўзида ёқишни ва линия фазаларининг ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда, бу қийматлар янада юқори бўлиши мумкин. Бундай коммутациянинг юқори эҳтимоли тУфайли линияларни такрорий ёқиш энг хавфли ўта кучланишга олиб келади.

Юкланмаган трансформаторларни ажратиш

Юкланмаган трансформаторларни юқори кучланиш томондан узиш ток максимал даражадан ўтган ва кучланиш нолдан ўтган ёки ток нолга яқин бўлган пайтда (узилиш токи) мумкин.

Индуктив занжир бир зумда узилганда магнит энергия ($L_{tr} I_{xx}^2 / 2$) электр энергиясига айланади ($C_{tr} U_{tr}^2 / 2$). Энергия қийматларини тенглаштириш ва уларни кучланишга нисбатан ҳал қилиш, биз қуйидагини оламиз

$$U_{tr} = I_{xx} \sqrt{L_{tr} / C_{tr}}. \quad (2.61)$$

Нол қиймати ($I_{\ddot{y}p}$) ва фазали кучланишнинг маълум бир қиймати (U_ϕ) яқинидаги ток узилиши пайтида трансформатор чўлғамида сақланадиган электромагнит энергия ифодаланади:

$$L_{tr} I_{\ddot{y}p}^2 / 2 + (C_{tr} U_\phi^2 / 2) = (C_{tr} U_{tr}^2 / 2). \quad (2.62)$$

Бу ердан трансформатордаги кучланиш ва, ўз навбатида, юқори кучланишли ўчиргичнинг контактларида

$$U_{\text{тр}} = \sqrt{L_{\text{тр}}/C_{\text{тр}}I_{\text{ўр}}^2 + U_{\text{ф}}}, \quad (2.66)$$

Мойли ва ҳаво ўчиргичлари учун $I_{\text{ўр}}$ узилиш токининг қиймати 10-20 А оралиғида, бу трансформатор паспортида $I_{\text{хх}}$ сифатида қайд этилган трансформаторнинг юкламасиз токи. (2.62) ва (2.66) бўйича $U_{\text{ф}}$ қиймати ўта кучланиш бўлиб, ҳатто ўчиргичнинг контактларида ёйни битта қайта ёқиш билан ҳам 3,8 $U_{\text{ф}}$ қийматига етади. Дарҳақиқат, ёй оралиғининг электр кучининг чекланган тезлиги $tU_{\text{ф}}$ файли ўчиргичдаги ёйни бир зумда тўхтатиб бўлмайди. Трансформатор сиғимидаги кучланишни ошириш ўчиргич контактларини ҳали ҳам қисқа масофада жойлашган ҳолда қайта ёқишига (ёй орқали) олиб келади. Такрорий танаффуслар ва ёйни ёқиш жараёни тебраниш жараёни билан бирга келади. Ўчиргичнинг контактларида токнинг якуний бузилишидан олдин, ўта кучланиш $U_{\text{ф}}$ қийматларига (4.1 - 4.2) етиши мумкин. Ерланган нейтрал трансформаторлар учун ўта кучланиш 3,0 $U_{\text{ф}}$ дан ошади. Агар нейтрал ёйни ўчирувчи ёй ўчирувчи чўлғам орқали изоляция қилинган ёки ерланган бўлса, унда бир вақтнинг ўзида бўлмаган фазага ўчириш (4,0-4,5) $U_{\text{ф}}$ гача бўлган ўта кучланишга олиб келади.

Фазалараро комутацион ўта кучланиш

$U_{\text{оф.ар.}}$ фазалари орасидаги ўта кучланиш $U_{\text{о}}$ фазаларидаги ўта кучланиш фарқига тенг, $U_{\text{о}}$ нинг статистик тарқалиши $U_{\text{оф.ар.}}$ -нинг статистик тарқалишига тўғри келади, бу ўчиргич фазалари таъсирининг тарқалиши билан мураккаблашади. Кўриниб турибдики, энг катта $U_{\text{оф.ар.}}$ бундай жараён давомида максимал, лекин вақтинчалик режимда ва барқарор ҳолатдаги $U_{\text{ўрн}}$ режимининг амплитудаси зарба коэффициенти коди билан амалга оширилганда фазаларда содир бўлади, бу контактларнинг занглашига,

дастлабки шароитларга, коммутация турига, электроннинг параметрларига боғлиқ, фазаларни ёқиш ёки ўчириш моментларининг тарқалиши ва ҳоказо.:

$$U_o = K_z \cdot U_{\text{ўрн.}} \quad (2.67)$$

Ўртача, фазалар ва фазалар орасидаги ўта кучланишнинг зарба коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик тахмин қилинади

$$K_{z.\text{ф.ар.}} = 0,85 K_z \quad (2.68)$$

$U_{\text{ф.ар.}} = 3 U_{\text{ф.}}$ эканлигини ҳисобга олсак, биз қуйидагини оламиз

$$U_{\text{оф.ар.}} = 0,85 \cdot 3 U_{\text{ф.}} = 1,45 U_o \quad (2.69)$$

Фазалар орасидаги изоляция даражасини баҳолаш учун $U_{\text{оф.ар.}}$ қиймати жуда муҳимдир.

Изоляция қилинган нейтрал тармоқларда ўта кучланиш

Электр тизимларида ерга қисқа туташувлар кўпинча ёй пайдо бўлиши билан бирга келади. Агар изоляция қилинган нейтрал ёки ёйни ўчирувчи чўлғам орқали нейтрал ерлагичли тармоқда ток паст бўлса, у юқори даражага эга бўлган электр жиҳозларини изоляциялаш учун хавф туғдирмайди. Бундай ҳолда, ҳосил бўлган ёй нисбатан узоқ вақт мавжуд бўлиши мумкин. Ерга бир фазали қисқа туташувлар пайтида, 3 w C_ф U_ф, 6 - 35 кВ тармоқларда сиғимли ток бир неча ампер қийматига эга. Иш шароитида бундай қисқа туташувлар деярли энергия узатиш шароитларига таъсир қилмайди ва шикастланмаган фазалардаги кучланишнинг линияли қийматга кўтарилиши электр иншоотининг изоляцияси учун хавфли эмас. Операцион тажрибаси 6-35 кВ тармоқларини 2.1-жадвалга мувофиқ сиғимли токда изоляция қилинган нейтрал билан ишлашга имкон беради.

Изоляция қилинган нейтрал тармоқларда ерлагич носозлиги токи			
U _н , кВ	I _{сдоп} , А I _{уд}	ЛЭП, А/(км кВ) ВЛ/КЛ	l ЛЭП, км ВЛ/КЛ
6	30	0,16/0,6	-/50
10	20	0,05/1,0	-/20
20	15	0,06/2,0	250/7,5
35	10	0,105/3,5	100/3,0

Линиялар узунлигининг ошиши сиғимли токнинг ўнлаб ва юзлаб амперларга кўпайишига олиб келади. Бу ёйни ёйиш давомийлигини оширади ва ҳатто ёйни ўчириш чўлғами ҳам ҳар бир нол қиймати орқали ўтиш ёйнинг кейинги қайта ёйишига тўсқинлик қилмайди. Қайта тикланган кучланиш таъсирида интервалгача ёй пайдо бўлади ва тармоқда тебранишлар пайдо бўлади ёки жараён қайд этилади, натижада юкланмаган линияларни узишда ўта кучланиш билан жуда кўп ўхшашликлар мавжуд. n –ли сон марта ёйни ёйишида максимал ўта кучланишни баҳолаш учун (2.70) тенглама бўлиши мумкин (2.70), бу ерда қайта ёқишдан олдин A фазасининг кучланиши, n -1 ёй ўчишини натижасида ҳосил бўлган нейтрални ΔU кўчиши катталигига ошади:

$$U_{\text{оmax}} = U_c(t_n) - U_a(t_n) - (U_a(t_n) + \Delta U_{n-1}) (1 - K) (1 - d), \quad (2.70)$$

бу ерда K - 0,2-0,25 га тенг бўлган тармоқ уланиш коэффициенти; d – тармоқнинг актив қаршилиги билан аниқланадиган сўниш коэффициенти δ - га боғлиқ коэффициент; одатда $1 \approx d = n \delta / \omega_1$ ва $e^{-d} = 1 - d$, олиниши мумкин, бу ерда $d = 0,1$, $\pi/\omega_1 = T_1/2$ – бузилмаган фазаларда максимал кучланишнинг эркин тебранишлар ярим даври.

Ҳар хил турдаги ёй хатти-ҳаракатлари учун ўта кучланишларнинг чегара қийматлари қуйидаги назариялар бўйича ҳисобланади.

Петерсен назарияси: юқори частотали тебранишлар токи нолдан ўтганда ёй ўчади ва шикастланган фазада максимал кучланиш моментида саноат частотасининг ярим давридан кейин қайта ёқилади. Бундай режим даргумон, аммо бу сизга ўта кучланишнинг максимал қийматларини олиш имконини беради. Бу фазалар орасидаги ва ерга нисбатан зарядларнинг тўпланиши билан параллел равишда, ҳар бир ёйнинг йўқ бўлиб кетишидан сўнг, ёйни ёқиш пайтида зарядлар ерга оқиб чиқиши билан изоҳланади, бу эса ортиқча кучланиш ўсишининг пасайишига олиб келади.:

$$U_{\text{omax1}} = 1,5 U_{\phi} - (- U_{\phi} - (2 / 3) U_{\text{omax}}) (1 - K) (1 - d)$$

ёки

$$U_{\text{omax1}} = U_{\phi} (1,5 + (1 - K) (1 - d)) / (1 - (2 / 3) (1 - K) (1 - d)) = 4,26 U_{\phi}, (2.71)$$

бу ерда $K = 0,2$, ва $d = 0,1$.

Н.Н. Беляков назарияси: унга кўра, ёй юқори частотали токнинг нолидан биринчи ёки кейинги ўтишда ҳам, саноат частотали токнинг нолидан ўтаётганда ҳам чиқиб кетиши мумкин. Агар 6-10 кВ тармоқларда унинг чўққиси тармоқларда $0,4 U_{\phi}$ дан ошмаса, ёйни ўчирилиши муваффақиятли бўлади. Ўчишнинг чўққисининг қиймати нейтралнинг $1,2 U_{\phi}$ дан ошмаслиги билан боғлиқ. Агар унинг чўққиси бу чегаралардан юқори бўлса, ёйни ўчириш қийин. Кейин ёй яна ёнади (сиғимларнинг зарядлари қисман ерга туширилади) ва бу жараён сўниш чўққиси $0,4 U_{\phi}$ дан кам бўлгунча давом этади. Шундан сўнг, ёй чиқиб кетади ва ярим даврдан кейин саноат частотасининг тикланиш кучланишининг таъсири остида ёритилиши мумкин

$$\begin{aligned} \Delta U &= - 1,2 U_{\phi}; U_a = - U_{\phi}; U_c = 0,5 U_{\phi}, \\ U_{\text{omax}} &= 1,5 U_{\phi} - (- 2,22 U_{\phi}) (1 - K) (1 - d) = 3,1 U_{\phi}. \end{aligned} \quad (2.72)$$

Беяков назарияси ҳақиқий ёйнинг хатти-ҳаракатларини кўпроқ тушунтиради.

Петерсен ва Слепин назарияси: ёй саноат частотасининг нол токидан ўтаётганда чиқиб кетади ва шикастланган фазада бир хил частотанинг максимал кучланиш қийматида яна ёнади. Бундай шароитда, ёй ёқилгандан кейин ярим муддат ўчади, эркин тебранишлар сусайганда ва шикастланган фазалардаги лаҳзали кучланиш қийматлари $+1,5 U_{\phi}$ ва нейтрал кўчиш

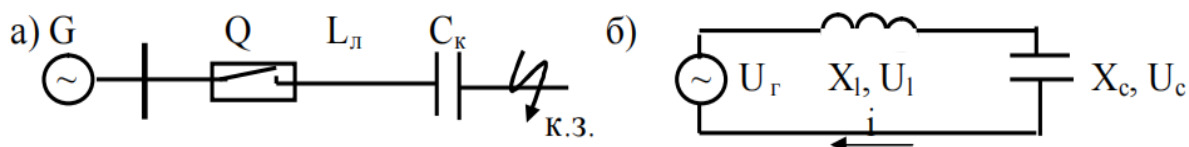
$$\Delta U = + 21,5 U_{\phi} / 3 = + U_{\phi},$$

шунинг учун ўта кучланиш

$$U_{\text{омах}} = 1,5 U_{\phi} - (- 2 U_{\phi}) (1 - K) (1-d) = 1,94 U_{\phi}. \quad (2.73)$$

Резонансли ўта кучланиш

Резонансли кучланиш ушбу турдаги ўта кучланиш расм – 2.29 мувофиқ кетма-кет уланган индуктивлик ва сифимга эга тармоқларда учрайди.



Расм – 2. 28. Бўйлама компенсацияли электр узатиш линиялари схемаси а) ва электр узатиш линиясининг дизайн схемаси б)

Резонанс учун табиий хол, занжирнинг шахсий тебраниш частотаси кучланиш манбасининг частотасига яқин бўлганда пайдо бўлади. Ушбу ходиса, масалан, 2.28 а, расмда кўрсатилгандек, бўйлама компенсацияли юқори кучланишли линияларда кузатилади. C_k қуввати билан индуктивликнинг қисман компенсацияси тизимнинг барқарорлигини

оширади. Саноатга яқин сиғим ва тебраниш частотаси бўлган қисқа туташув ҳолатида кучланиш резонанси пайдо бўлади, бу эса токнинг кескин ошишига олиб келади. Бу вақтда бўйлама компенсациянинг индуктивлиги ва сиғимидаги кучланиш манба кучланишидан тенг ва етти барабар юқори. Сиғимдаги кучланиш тезроқ ўсиб, резонанс қийматига етади. Бу бўйлама компенсация конденсаторларини изоляциялаш учун хавфли ва бўйлама разрядник ёрдамида чеклашни талаб қилади. Феррорезонанс, резонанснинг хавфли тури, темир ва сиғимга кетма-кет уланган индуктивлик билан занжирда содир бўлади. Бу турли хил шароитларда содир бўлиши мумкин: симнинг узилиши, ерлатиш, мос келмайдиган сим уланиши, юқори индуктивлик билан фазали коммутация (масалан, ёйни ўчирувчи чўлғам) ёки икки томонлама электр узатиш линиясида ерга туташishi билан симлардан бирини узилиши.

Кўп сонли асинхрон моторли ва кам юкламали электр тармоқларида, фаза узилганда, моторлар бир фазали режимда ишлашни давом эттиради ва очик фазада номинал кучланишни келтириб чиқаради, бу эса фазанинг ағдарилишига тўсқинлик қилади. Катта юкламалар остида моторлар тўхташи мумкин ва реактив ток ошиб, моторлар пўлатга эга реактив чўлғамга айлантиради. Кичик моторлар кам қувват туфайли фазанинг ағдарилишига тўсқинлик қила олмайди, бу фазалар кетма-кетлигининг ўзгаришига ва уч фазали асинхрон моторнинг айланишининг ўзгаришига олиб келади.

Коммутация ва резонансли ўта кучланишни чеклаш

1). Шунт қаршиликлари ишлатилади. Улар контактлардаги тикловчи кучланишларнинг кўтарилиш тезлигини ва амплитудасини чеклайди. Ўчиргичлар одатда кўп босқичли бўлиб, бу бизга ёйни бир неча марта узиш имконини беради. Ҳар бир босқичда схема 2.29 расмда кўрсатилгандек такрорланади.



Анжир. 2.29. Параллел а) ва серияли-параллел б) ўчиргичнинг электрон дизайни (1) шунт қаршилиги $R_{ш}$ ва қўшимча контактлар билан (2)

$R_{ш}$ қиймати бир қадам учун 100 Ом -дан бир неча ўнлаб Ом -гача ўзгариб туради ва заряд токининг трансформатор ёки генераторнинг нейтралли орқали линия қувватидан ерга оқиб чиқиши учун сунъий усулни таъминлайди, бу охир-оқибат 1-контактда ўта кучланиш миқдорини кескин камайтиради. Контакт 2, контакт 1 га нисбатан вақт бўйича кечиктирилиши билан $R_{ш}$ –ни ўчиради.

2). Қисқа туташувларни узиш (олиб ташланмаган). Жорий контактлар 1 томонидан узилган бўлса 2.29 б расмга кўра $R_{ш}$, электр занжиридаги тебранишларни сусайтиради ва линия ҳамда коммутаторнинг тўлқин қаршилигини пасайтиради. $R_{ш}$ қанчалик паст бўлса, шунчалик ўта кучланиш янада самарали чекланади. Бироқ, $R_{ш}$ қанчалик паст бўлса, контактлар 2 томонидан ўчиришнинг иккинчи циклидаги ўта кучланиш юқори бўлади. Шундай қилиб, $R_{ш}$ конструкциясини ва 2 – ажратгичларнинг контактларини танлаш жуда қийин бўлиб чиқади. $R_{ш}$ нинг оптимал қиймати юзлаб ва ўнлаб Ом ёки линияли бўлмаган қаршилик тартибида. Бундай қаршилик асинхрон режимда электр узатиш ишламай қолганда самарали бўлади.

3). Юкланмаган линияларни ажратиш. $R_{ш}$ роли 2.29 а, расмга кўра контакт 1 да тикланаётган кучланишнинг амплитудасини камайтириш билан ўчиргичдаги ёйни қайта ёқилишини чеклаш ҳисобланади. 1-контактда ёй бузилгандан сўнг, линия қувватидан қолдиқ заряд $R_{ш}$ қаршилиги, тармоқнинг индуктивлиги ва тармоқнинг нейтраллиги орқали ерга оқади. Натижада, қайта тикланадиган кучланиш амплитудасининг қиймати $R_{ш} < 3.0 \text{ кОм}$

қийматидаги линия қувватининг заряд кучланишидан юқори эмас, масалан, 220 кВ ўчиргич учун.

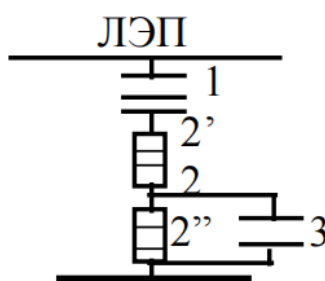
4). АҚЁ циклида линияни ёқиш. 2.29 – расмдаги схемага мувофиқ, $R_{ш}$ линияни бўшатади ва шу билан ўчиргич контактларида ёй қайта ёқилганда ўта кучланишни кескин камайтиради. АҚЁ-даги энг хавфли ўта кучланишлар ҳатто юқори қаршиликли кам қувватли шунт қаршиликлари билан ҳам самарали чекланиши мумкин $R_{ш} < 3.0 \text{ кОм}$.

5). Бўш линияларни киритиш. Узун ўта юқори кучланишли линияларнинг изоляция даражасини етарлича паст қолдириш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. М.И. Калинин СПДТУда бундай линиялар учун 2.29 а расмга мувофиқ $R_{ш}$ билан икки томонлама ишлайдиган ўчиргичларни бажариш таклиф қилинди, биринчи навбатда $R_{ш}$ билан ёрдамчи контактлар 2, сўнгра асосий контактлар 1 ёпилганда. Контактларни 2 ёқиш $R_{ш}$ қаршилиги орқали линия қувватини зарядлашга олиб келади. $R_{ш}$ юқори, бу коммутация пастки U_o . Бироқ, $R_{ш}$ ортиши билан U_o контактлар 1 ёпилганда ва $R_{ш}$ шунтланганда ортади, линия ёқилганда минимал кучланишни таъминлайдиган $R_{ш}$ нинг оптимал қийматлари 500-1000 Ом, линия узунлиги 400-200 км.

6). Юкланмаган трансформаторларни узиш. Нерв циклидаги кичик индуктив тоқларни ўчиришда (асосий контактларнинг узилиши 1 схема бўйича расм 2.29 ва кесилган ток $I_{ўр}$ билан параллел равишда $R_{ш}$ ёқилган. Ушбу циклда ўчиргичнинг 1 контактларидаги кучланиш $U_o = I_{ўр} \cdot R_{ш}$ дан ошмайди. Иккинчи ўчириш циклида $R_{ш}$ нинг роли токни чеклаш ва такрорий ёй тебранишлари содир бўлганда тебранишларни текислашдан иборат. Бу шарт тенгсизлик билан бажарилади $R_{ш} < (1/2) \sqrt{L/C}$, унга кўра $R_{ш}$ ўнлаб тартибда кОм.

7). Ички ўта кучланишни чекловчи разрядниклар. Комбинацияланган вентилли разрядниклари 500-750 кВ тармоқларда РВМК (магнитли комбинацияланган вентилли разрядник) типдаги ички кучланишни чеклаш учун ишлатилади, 2.30 расм бўйича. РВМК нинг импульс коэффиценти

бирига якин бўлганлиги сабабли, ўта кучланишдаги учқун оралиғларининг разряд кучланиши саноат частотасидаги разряд кучланишига тенг деб тахмин қилиш мумкин. Разрядник тармоқларда коммутация пайтида ўчириш юқори кучланишларида U_0 ишлайдиган кузатувчи частота токини ўчириши керак. Ўта кучланиш ҳолатида учқун оралиғи 1 ва операцион қаршилик 2 "ишлайди". Ишчи қаршиликдаги ток 2" ($I_{иш.} > 1500 \text{ A}$) учқун оралиғини 3 тешиб ўтиш учун етарли эмас. Қаршилик 2, учқунли оралиғ 1 билан ўчирадиган кучланиш қийматидаги кузатувчи токни чеклайди. Атмосфера ўта кучланишида ва 2000 А импульс токининг қаршилик 2 " орқали ўтиши билан учқун оралиғи 3 ишка тушади ва разрядникнинг ишчи қаршилиги 2- участка билан чекланади. Шу билан бирга, ушбу бўлим U_r кучланишидаги кузатувчи токни ўчириш учун зарур бўлган қийматни чеклайди. РВМК линияларга ўрнатиш учун мўлжалланган ва РВМГ-подстанцияларда, чунки подстанциялардаги коммутация токлари линияларга қараганда анча паст ва ўчириш кучланиши пастроқ.



Расм – 2.30. РВМК учқун оралиғининг схематик схемаси

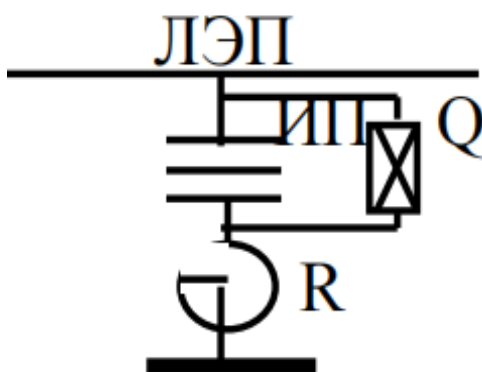
8). Линияларга уланган реакторлар ва кучланиш трансформаторлари томонидан ўта кучланишни чеклаш. Линиялар ўчирилганда, кучланиш трансформаторлари ва кўндаланг компенсация реакторлари уларга уланган бўлиб қолади. Узилган линиянинг симларидаги қолдиқ зарядлар электр жиҳозларининг индуктивлиги орқали ерга тушиши мумкин. Натижада, қайта тикланадиган кучланиш камаяди ва шунга мос равишда, ўчиргичнинг

ажралувчи контактларида такрорий бузилишлар билан линия узилганда ва АҚЁ циклида линия ёқилганда ўта кучланиш амплитудаси камаяди. Реакторли схемада, ўчиргичдаги ток узилишидан сўнг, линиядаги кучланиш ўзгаради, реакторларсиз контактларнинг занглашига олиб, табиий частота билан тебранади $\omega_0 = 1 / X_p b_{хл}$ ва $\omega_0 = 0,8$ ва энг ноқулай лаҳзада такрорий парчаланиш, ўта кучланиш кўплик 1,5 - 2,0 гача камаяди, худди шу тарзда АҚЁ циклида қайта ёқилганда ўта кучланиш чекланган.

Электромагнит кучланиш трансформатори КТ бўлган схемада, ўчиргичдаги ток узилишидан кейин линиянинг заряди линияли бўлмаган КТ индуктивлиги орқали оқади. Бундай линияларда ўта кучланиш $2,5 U_{\phi}$ дан ошмайди. НКФ-500 типдаги трансформаторлар 500 кВ линияларда ўзларини яхши исботладилар, бу ерда РВМК разрядникларини ўрнатиш ҳам талаб қилинади. ЎЮК тармоқларида иқтисодий сиғимли кучланиш трансформаторлари жорий етилмоқда, гарчи улар линия зарядларини олиб ташлаш хусусиятига ега емаслар. Бироқ, арзон юқори қаршиликли манёвр резисторларидан фойдаланадиган ўчиргичлар билан биргаликда улар АҚЁ циклининг зарбасиз паузаси учун линияни бўшатишга қодир.

9). Узун линияларда резонансли ходисаларнинг олдини олиш. Узок линиялардаги резонансли ўта кучланиш, гарчи улар амплитудаси $2 U_{\phi}$ дан ошмаса ҳам, уларнинг давомийлиги туфайли изоляция, айниқса трансформаторлар учун хавфлидир. Улар разрядникларни алмаштириш учун хавфлидир, улар разрядникларнинг U_T дан юқори барқарор кучланишда ҳамроҳлик қилувчи ток ёйини ўчирмаслиги мумкин. Ҳисобий схемасида X_1/X_c тенгсизлиги қўйилган линияни лойиҳалашда ҳам резонансли ёки шунга ўхшаш шароитларни шакллантириш имкониятини истисно қилиш мумкин. Тизимни автоматлаштириш ва реле ҳимояси резонансли ўта кучланиш давомийлигини бир неча даврларга қисқартириши ёки уларни йўқ қилиши мумкин. Шундай қилиб, хавфли юкламани йўқотиш режимида, линия бир томонлама ўчирилганда, линиянинг иккала учидаги ўчиргичларни ўчириш

учун сигнал билан ҳимоя ишлатилади. Станциялардаги кучли таъсир этувчи регуляторлар нафақат генераторларнинг терминалларида, балки юқори кучланишли линияларда ҳам доимий кучланишни сақлашга имкон беради. Бу, ўз навбатида, трансформаторларнинг магнит палласининг тўйинганлиги туфайли юқори ҳармоникаларни қўзғатиш эҳтимолини камайтиради. Станциядан узоқда жойлашган тармоқ нуқталарида кучли ҳаракат регулятори билан жиҳозланган синхрон компенсаторлар ҳам худди шундай рол ўйнаши мумкин. Асосий гармоникада резонанс шароитлар, одатда, шунтловчи учкун оралиғи мавжуд бўлган реакторлар орқали бартараф этилади. 2.31.



Расим – 2.31. Реакторни R учкун оралиғи УО орқали ёқиш схемаси

Реакторнинг R учкун оралиғининг разряд кучланиши $1,4 U_{\phi}$ тартибида. Q ўчиргичи ўчирилганда, бу даражадан юқори коммутация кучланишини яратмаслиги керак, акс ҳолда учкун оралиғи яна бузилади ва қайта ёпиш ва очиш режими ўрнатилади. Реакторни 2.31 расмдаги схема бўйича ёқилиши линияли ўчиргични ўчириш учун берилган сигналдан амалга оширилади, бундай схема юқори гармоникаларда резонанс шароитларини бузади.

3 БОБ 3. ИЗОЛЯЦИЯНИ МУВОФИҚЛАШТИРИШ ВА НАЗОРАТ ҚИЛИШ

3.1. Изоляцияни мувофиқлаштиришнинг умумий тамойиллари

Иш пайтида изоляцияга ишчи кучланиши, ички ва ташқи ўта кучланиш таъсир қилади. Электр станциялари ва подстанцияларнинг электр жиҳозларини изоляциялаш даражасини (электродлар орасидаги оралиғни) танлаш иқтисодий жиҳатдан асосланиши керак. Техник-иқтисодий кўрсаткичлар нуқтаи назаридан изоляцияни мувофиқлаштириш деганда унинг электр қуввати даражаси ва ҳимоя разрядникдан кейин таъсир қилувчи кучланиш амплитудаси ўртасидаги мувофиқликни ўрнатиш ва сақлаш тушунилади.

Электр жиҳозларининг изоляция даражасини ўрнатиш ва сақлаш уни ишлаб чиқариш, ишлатиш ва заводларда ва энергия тизимларида синовдан ўтказиш бўйича кўп йиллик тажрибага асосланган. Ўта кучланиш даражаси изоляциянинг бутун умри давомида замонавий ҳимоя воситалари (разрядниклар) ёрдамида қайд этилади. Разрядникларнинг волт-секундли характеристикалари (ВСХ) бўйича натижаларни олишнинг услубий ва экспериментал қийинлиги синов пайтида жуда кўп қиммат электр изоляцияси намуналарини талаб қилади, шунинг учун разрядникларнинг ВСХ -лари ҳақида эълон қилинган маълумотлар кам. Изоляция кўпинча қуйидаги тенгсизлик ёрдамида мувофиқлаштирилади:

$$U_i > U_o \quad (3.1)$$

бу ерда U_i импульс изоляцияси кучи бўлиб, унинг пастки чегараси синов кучланиши билан белгиланади

$$U_i = U_{\text{фойд.}} K_i \sqrt{2} \quad (3.2)$$

бу ерда Т-тетиклантирилган разрядникнинг қолган кучланиши; Ки-изоляция пулсининг коэффициенти. МДХда ДавСТ 1516.1-78 ва 1516.2-78 ҳар бир кучланиш синфидаги ускуналар учун синов кучланишини ўрнатади. АҚШда изоляция даражаси номинал кучланиш билан боғлиқ эмас, лекин тармоқнинг маълум бир нуқтасида разрядникларнинг ҳимоя хусусиятларига қараб кўп босқичли шкала бўйича танланади, бу эса кенгайтирилган диапазонли разрядниклар, ускунани мослашувчан ва тежамкор танлаш имконини беради.

3.2. Атмосфера ўта кучланиши бўйича изоляцияни мувофиқлаштириш

Станция ускунасининг импульс синов кучланишлари учкун бўшлиғи билан ҳимояланган коммутаторларнинг схемалари атмосфера ўта кучланиш тўлқинлари билан электр жиҳозларининг изоляциясига зарар бермаслиги учун танланади. Изоляция синовлари ДавСТ 1516.2-78 га мувофиқ импульс кучланиш генераторидан (жин) олинган тўлиқ ва кесилган тўлқинларда (уч зарба усули) амалга оширилади. Қўллаб-қувватлаш, ўтиш ва линияли каби барча ташқи изоляция бундай синовлардан ўтказилади.

3.3. Ички ўта кучланиш бўйича изоляцияни мувофиқлаштириш

$U_{\text{теш.}}$ иш частотасида разрядникларнинг учкун оралиғларининг кучланиш кучланишлари ички ўта кучланиш учун ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Чақмоқ разрядининг импульс токидан ўтгандан кейин ВР иш қаршилигидаги қолдиқ кучланиш $U_{\text{теш.}}$ кучланишидан бир оз пастроқ. Шунинг учун, ички изоляция учун ДавСТ 1516.1-78 бўйича иш частотасида синов кучланишини танлаш формулага мувофиқ амалга оширилади

$$U_{\text{фойд.}\sim} = U_{\text{теш.}} K_k / K_i, \quad (3.3)$$

бу ерда $K_k - 1,1$ га тенг бўлган кумулятив коэффициент; $K_i - 2,0$ дан $1,5$ гача бўлган ички кучланиш коэффициенти, $0,1$ дан $1,0$ с гача бўлган кучланиш эффектининг давомийлиги ошиши билан. Ташқи изоляцияни ички ўта кучланиш даражаси билан мувофиқлаштириш учун унинг кучи ёмғирда сақланади:

$$U_{\text{фойд.}} = U_{\text{ор.}} / (K_i K_p) \quad (3.4)$$

бу ерда $K_i = 1 + 0,5 ((U_{\text{ўр.}}/U_{\text{н.р.}}) - 1)$, яъни бу изоляторнинг $U_{\text{к.р.}}/U_{\text{н.р.}}$ нисбатига боғлиқ, бу ерда $U_{\text{к.р.}}$ - курук разряд кучланиши, яъни нормал атмосфера шароитида курук об-ҳаво шароитида изолятор юзаси устидаги разряд кучланиши; $U_{\text{н.р.}}$ - бу нам разряд кучланиши, яъни шамол тезлиги 3 м/с бўлган кучли ёмғир пайтида изолятор юзасида разряд кучланиши ва сув оқимининг йўналиши изолятор ўқиға 45° бурчак остида ёки барча турдаги ташқи изоляция учун қабул қилинади $K_i = 1.1$; Денгиз сатҳидан 500 дан 1000 м гача бўлган электр жиҳозларининг баландлигидаги атмосфера босимини ҳисобга оладиган K_p коэффициенти $0,965$ дан $0,94$ гача деб тахмин қилинади. Курук ҳолатда ташқи изоляция учун иш частотасининг синов кучланишининг амплитудасини тахмин қилиш мумкин

$$U_{\text{фойд.-}} = U_{\text{теш.}} / (\delta / K) \quad (3.5)$$

бу ерда δ/K - денгиз сатҳидан 500 дан 1000 м гача баландликда ҳаво зичлиги δ ва намлик коэффициенти K ни ҳисобга олган ҳолда тузатиш коэффициенти мос равишда $0,89$ дан $0,84$ гача олинади; δ - нисбий ҳаво зичлиги; K_i ва K_k $1,0$.

Ўта юқори кучланишли (ЎЮОК) тизимларда ички ўта кучланиш доминант ва узоқ давом этади (сониялар ва ҳатто дақиқаларгача). Улар юкламани ташаш, кучланиш ростлагичларининг нотўғри ишлаши, бир томонлама узатиш етишмовчилиги ва бошқалар сабаб бўлиши мумкин. Бундай ўта кучланишнинг амплитудаси ва давомийлигини электр

жиҳозларининг ички изоляцияси билан белгиланадиган мақбул қийматларга камайтиришга электрон ўлчовлар ва автоматлаштириш ёрдамида эришиш мумкин.

3.4. Узоқ муддатли кучланиш таъсири бўйича изоляцияни мувофиқлаштириш

Тенгсизлик (3.1) иккита қўшни синов орасидаги вақт давомида сақланса, изоляциянинг ишончли ишлашини кафолатлайди. Аслида, U_0 маълум вақт давомида ўзгаришсиз қолади, U_i эса кумулятив таъсир ёки қисман разрядлар даражасининг ошиши туфайли камаяди. Бинобарин, қўшни профилактик тестлар орасидаги даврда U_i шунчалик камайиши мумкинки, $U_i < U_0$ тенгсизлиги бўлади. Бу юқори кучланиш синовлари пайтида изоляциянинг фавқулодда ишдан чиқишига ёки ишламай қолишига олиб келади.

Бироқ, U_i битта импульсли изоляция кучини ифодалайди U_{1i} , яъни битта ўта кучланиш пулсига таъсир қилганда унинг электр кучи, амплитуда билан ўта кучланиш таъсири эса U_0 бир нечта. Шунинг учун изоляцияни мувофиқлаштиришни тенгсизликка асослаш керак

$$U_{к.и.} > U_0, \quad (3.6)$$

бу ерда $U_{к.и.}$ - бу пулслар таъсирида кўп импульсли, ёки электр, изоляция кучи, уларнинг сони эксплуатацион бир ёки бир нечтасига тўғри келади. Шу билан бирга, $U_{к.и.}$ баҳоси саноат частотасининг ортиб бораётган ўзгарувчан кучланиши билан изоляцияни 1 минут давомида синовдан ўтказишда ишончли натижаларни бермайди, чунки бу даврда изоляция юқори ўзгарувчан кучланиш таъсирида қарийди ва изоляция устидаги кучланиш тақсимооти синов пайтида ва ўта кучланиш таъсири остида пулс бир хил эмас,

Шунинг учун K_i (3.2) кенг йўлақларда ўзгаради - 0,6 дан 2,0 гача, эскирган ва янги изоляция учун. Ифодада (3.2) $K_i = 0$.

М.И. Калинин номидаги С-ПДТУ да қарамликка асосланган изоляциянинг импульс кучини баҳолаш усули ишлаб чиқилган

$$U_i = f(n) \quad (3.7)$$

бу ерда n - қўлланиладиган синов кучланишининг импульслари ёки амплитудалари сони.

Мисоттерм, монолит, ВЕС-2 ва бошқалар каби изоляцион материаллар учун экспериментал маълумотларни қайта ишлаш, ягона импульсли изоляция кучи ва қўп импули ўртасида боғлиқлик борлигини кўрсатди

$$U_{к.и.} = K_c \cdot U_{1i} \quad (3.8)$$

бу ерда K_c - мисот таркибидаги материаллар учун қариш ёки кучланишни камайтириш коэффиценти, 0,55-0,65 орасида ўзгариб туради.

3.7 - расмга мувофиқ мисот ўз ичига олган материал учун қарамлик графигида (3.1) учта характерли нуқта мавжуд:

$n = 1$ - изоляциянинг бузилиш эҳтимоли билан битта импульсли куч;

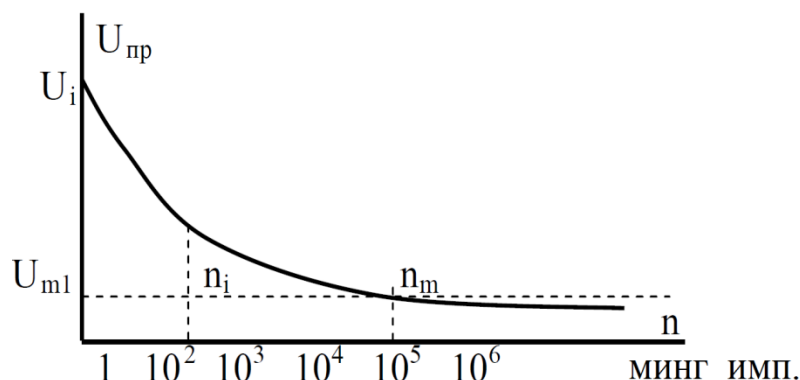
$n = 1000-2000$ - электр изоляция кучи микросонияли зонанинг импульсли кучланиш амплитудаларига (ташқи ўта кучланиш) таъсир қилганда изоляция кучига тўғри келади;

$n = 4000-5000$ - ички ўта кучланиш таъсирида изоляция кучи;

$n > n_i$, электр жиҳозларини изоляциялашда таъсир қилувчи кучланиш амплитудаларининг тенг n_i ёки ундан катта n_k сони изоляциянинг тешилишига олиб келмайди, бу хавфсиз кучланиш амплитудаси ёки қўп пулсли изоляция кучи.

Шундай қилиб, тенгсизлик (3.6) изоляцияни мувофиқлаштириш масалаларини энг реал ҳолатда акс еттиради. Шу билан бирга, агар ортиб

бораётган синов кучланишининг амплитудаси кўп импульсли кучидан юқори бўлмаса, изоляция қаримайди.



Расм - 3.1. Материалнинг мустахкамлигининг таъсир қилувчи импульслар сонига боғлиқлиги

3.5. Изоляция сифатининг назорати

Техник изоляциянинг сифати нафақат ишлаб чиқариш маданияти, балки ДавСТ ёки завод стандартлари билан изоляция сифатини кузатиш ёки текшириш бўйича белгиланган хизмат билан ҳам белгиланади. Электр жиҳозларини ишлаб чиқариш ва чиқариш жараёнида ишлаб чиқаришдаги изоляциянинг сифатини назорат қилиш ва ишда изоляциянинг профилактикаси шикастланган изоляцияни кейинчалик алмаштириш ёки тиклаш билан унинг нуқсонларини аниқлашга қаратилган бўлим.

Изоляция конструкциясидаги маҳаллий ва умумий нуқсонлар

Маҳаллий нуқсонлар изоляциянинг кичик майдонига тўпланиб, газ (ҳаво оралиғлари) ва металл қўшимчалар, аралашмалар шаклида, шунингдек механик ва технологик бузилишлар (микро ёриқлар, бурмалар, ажинлар, дислокациялар) лента қатламларини силжиши, чуқурликлар ва бошқалар) шаклида намоён бўлади.

Умумий нуқсонлар энг кенг тарқалган бўлиб, улар орасида изоляцияга намлик кириб бориши кўпинча ривожланган газ қўшилиши (тешик) ва ўтказувчан аралашма (металл кириши) нуқсонлари камроқ аниқланади.

Изоляцияни эскириши эксплуатация даврининг бошида секин штади, охирида эса кескин характерга эга. Изоляцияни назорат қилиш усуллари-бу юқори кучланишли синовларда ҳалокатли усуллар ва номинал даражадан паст кучланиш ёки изоляцияни бузмасдан иш кучланиши таъсирида нуқсонларни аниқлаш усули.

Юқори кучланишли изоляциянинг профилактик синовларидан фойдаланиш тажрибаси ишлаётган маҳсулотларнинг ишончилигини ошириш ёки электр узилишлари эҳтимолини камайтириш билан боғлиқ.

3.6. Изоляцияни юқори кучланиши билан синовдан ўтказиш

Эксплуатация шароитида электр жиҳозларининг изоляцияси ишчи кучланишига, ташқи ва ички ўта кучланишга ва иссиқлик майдонлари, тебранишлар, электродинамик кучлар ва бошқалар каби физик-механик омилларга таъсир қилади. Операциядан кейинги юқори кучланишли синовлар изоляциянинг бундай таъсирларга бардош бериш қобилиятини баҳолашга имкон беради.

Синов кучланишининг ошиши керак:

- барча турдаги нуқсонларни самарали аниқлаш;
- изоляцияни эскиртирмаслик, яъни синовдан ўтган бўлса, нуқсонни ривожлантирмаслик;
- синов пайтида изоляция майдонининг кучланишини тақсимлаш, иш пайтида ўта кучланиш билан бир хил;
- юқори кучланишли қурилмалар транспортабел бўлиши керак, ҳизмат кўрсатиш қилиш осон ва электр хавфсиз бўлиши керак.

Синов самарадорлиги тушунчаси турли хил маъноларга эга, бу эса турли мутахассислар томонидан ўтказилган тестларнинг самарадорлигини таққослашни қийинлаштиради ва баъзан имконсиз қилади. Баъзилар синовларнинг самарадорлигини аниқланган нуқсонлар сонининг машина синовлари сонига нисбати бўйича баҳолайдилар, бошқалари синовлар

пайтида аниқланган нуқсонлар сонининг вақт оралиғида изоляцияси шикастланган машиналар сонига нисбатини аниқлайдилар, икки синов ўртасида. Иккала ҳолатда ҳам бу ёндашув расмийдир. Баъзи ҳолларда, синов кучланишининг бир нечта шаклларида фойдаланган ҳолда синовларнинг самарадорлигини баҳолаш берилади ва синов кучланишининг асоссиз юқори қийматлари билан, синов пайтида изоляциянинг кўп сонли носозликлари билан бирга, унда кумулятив таъсир кутилмоқда ва натижада, изоляциянинг авария даражаси, операция камаймайди. Юқорида айтилганларнинг барчаси ҳозирги вақтда нормалар ва ДавСТ стандартларида мавжуд бўлган анъанавий юқори кучланишли синовларга тааллуқлидир - бу 1 дақиқа давомида оширилган частотанинг ўзгарувчан кучланиши ва 5 дақиқа давомида тўғриланган, шунингдек 1,5/40 микросониядаги стандарт тўлқиннинг импульсли кучланиши ва кесиш 1,5%/2 микросониялар (уч зарба усули). Ноанъанавий синовларга кучланишнинг бошқа шакллари киради: трапециодал (электросила заводи), ултра паст частотали 0,1 Гц (АҚШ), ярим циклли кучланиш 50 Гц (Голландия, Калинин Давлат техника университети). Кучланиш шакллари таҳлил қилиш жадвалда келтирилган. 3.1.

Жадвал 3.1

Кўтарилган кучланишнинг турли шакллари кўрсаткичлари

Кўтарилган кучланиш шакли	Самарадорлиги	Электр эскириш йўқлиги	Ўта кучланишнинг бир хиллиги	Трансформаторли оддий текширув, электр хавф.	Эслатма
Ўзгарувчан, 1 мин. 50 Гц	+	-	0	+	Завод экспл.
5 дақиқада тўғриланган	0	+	-	-	-«-
Импульс кучланиш 1,5/40 мкс.	+	+	+	-	-«-
Ярим давр 50 Гц	+	+	0	+	-«-
СНЧ 0,1 Гц	+	-	-	-	-«-
Трапециодал	+	-	0	-	-«-

Эслатма: "+" - талабни тўлиқ қондиради; "-" - қондирмайди; "0" - қисман қондирилади.

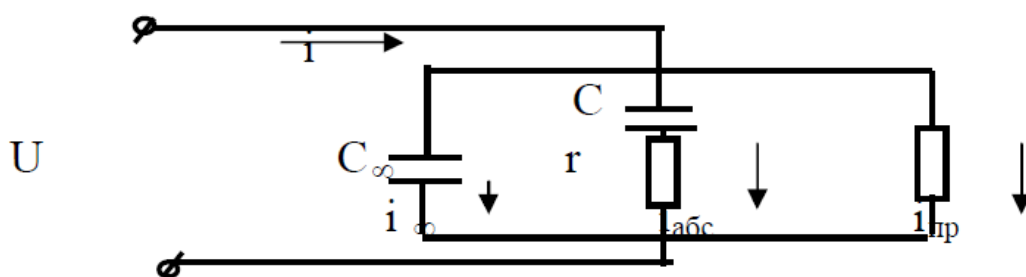
3.7. Бузилмайдиган изоляцияни бошқариш усули

Бундай назорат изоляцияда содир бўладиган секин қутбланиш жараёнларини баҳолашга асосланган. Изоляцияни 3.4 - расмда кўрсатилган параллел алмаштириш схемаси билан ифодалаш мумкин, унинг биринчи тармоғи C_∞ сиғимдан иборат, иккинчиси - сиғим C ва қаршилик r , ва учинчиси қаршилик R дан ташкил топган. нинг иккинчиси ва қаршиликнинг учинчиси R . Схеманинг умумий сиғими қуйдагига тенг

$$C_o = C_\infty + C \quad (3.9)$$

бу ерда $C = C_o - C_\infty$ - бу изоляциядаги қутбланиш жараёнларининг сиғими, бу орқали абсорбция токи $i_{абс} = (U / r) e^{-t/T}$ вақт доимийси билан ўзгариб туради T .

Сиғим зарядининг i_∞ жорий импулси ёки бир зумда ҳисобланган C_∞ сиғим орқали қутбланиш токи оқади. Релаксацион қутбланишлари нафақат абсорбция токини, балки қаршилик R орқали оқиб ўтадиган ва намлик кўпригини шакллантириш пайтида изоляциядаги n_j йўллари орқали келиб чиқадиган $i_{теш.} = U/R$, орқали ўтказувчан токни ҳам баҳолаш учун характерлидир.



Расм - 3.4. Изоляцияни алмаштириш схемаси

3.4 - расмнинг тармоғлари бўйлаб алмаштириш ва тоқларни ўлчаш схемасида, бузилмайдиган усул билан изоляцияни назорат қилишнинг кўплаб усуллари кўриб чиқиш мумкин. Қутбланиш ҳодисалари,

шунингдек ўтказувчанлик каналлари асосан изоляцияни намлаш билан боғлиқ. Шунинг учун унинг сифати алмаштириш схемасида тоқларни баҳолаш орқали аниқланади, расм. 3.4.

3.8. Изоляциянинг қаршилигини ёки тешик ўтказувчанлигини ўлчаш

3.4 расмдаги алмаштириш схемаси бўйича , $R_{из} = U/i$ каби аниқланаётган қаршилик, бу ерда $i = i_{\infty} + i_{абс} + i_{теш.}$, агар ток i вақт ўтиши билан камайса, ортади.

Вақт ўтиши билан $T = 1$ мин кучланишни қўллаганидан кейин U , қаршилик $R_{из}$ барқарор қийматга етади. Қаршиликнинг кескин пасайиши узок муддатли нуқсон ривожланишини ёки изоляцияда ўтказувчанлик мавжудлигини кўрсатади. Яна изоляция қанчалик бегона киритмаларини ўз ичига олса, хусусан, қанча кўп у намланган бўлса шунчалик унинг нисбати кам R_{60}/R_{15} вақт моментида $t_1 = 15$ с ва $t_2 = 60$ с, қаршиликлар тоқлардан $i_{абс}$ ва $i_{теш.}$ ўлчанганда. Изоляция қаршилиги, кучланиши -0,5; 1,0; 1,5; 2,5 кВ, кичик қувватли доимий ток генераторидан иборат бўлган қўлли ва электрон редуكتورли мегаометер билан ўлчанади, қўл дастакли редукторни бир дақиқада 120 маротаба айланиш тезлигида айлантириш имконини беради.

3.9. Диэлектрик йўқотишлар бурчагини ўлчаш

Диэлектрик орқали оқадиган қутбланиш тоқлари изоляцияни қиздиради, бу диэлектрик деб аталадиган энергия йўқотилишига тўғри келади. Саноат частотасида бундай йўқотишлар релаксацион қутбланиши ёки $i_{абс}$ ва $i_{теш.}$ тоқлари туфайли юзага келади, 3.4 расм бўйича, яъни тоқларнинг фаол ва сиғимли умумий компонентлари ва бу компонентлар орасидаги вектор диаграммасида δ бурчаги пайдо бўлади. Актив токнинг i_a сиғимли токига нисбати $\tan\delta$ -га тенг, бу эса изоляциядаги диэлектрик йўқотишларнинг характеристикаси бўлиб, уни қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин

$$W = U I \cos\varphi = U I \operatorname{tg}\delta \quad (3.10)$$

Ўтказувчан тоқлар кичик бўлгани учун, диэлектрик йўқотиш бурчагини ўлчаш δ , г С тармоғининг параметрлари билан белгиланади, яъни δ бурчаги бегона қўшимчалар ва хусусан, изоляция намлигининг кўрсаткичидир. $\operatorname{tg}\delta$ қиймати объект сифимининг мутлақ қийматига боғлиқ эмас, балки C_0/C_∞ ни ташкил этувчи нисбатга боғлиқ.

Шунинг учун $\operatorname{tg}\delta$ ўлчамларидан қатъи назар, изоляция сифатининг универсал кўрсаткичига айланади. Тахминан 200-300 пф қувватга эга объектлар учун (масалан, ток трансформатор киришлари ёки ташқи изоляция, турли изоляторлар) $\operatorname{tg}\delta$ қиймати изоляциянинг умумий ҳолатини тавсифлайди ва ривожланаётган маҳаллий нуқсонни кўрсатиши мумкин.

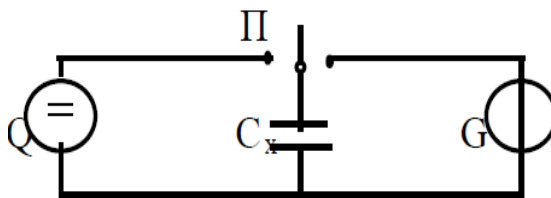
Қуввати 2000 пф дан юқори бўлган объектлар учун (масалан, катта генераторлар, электр моторлар, трансформаторлар, кабеллар ва бошқаларни изоляция қилиш.), $\operatorname{tg}\delta$ қиймати изоляциядаги намликни, умумий қаришни, қисман йўқ қилишни (микро ёриқлар) ва бошқаларни кўрсатади. Тўғридан-тўғри токда юқори даражада ривожланган металл қўшимчалар ёки ўтказувчанликнинг кўприклари каби изоляциядаги нуқсонларни аниқлаш мумкин. $\operatorname{tg}\delta$ ва тешиқ ўтказувчанлигининг қиймати ҳарорат ошиши билан ортади, шунинг учун бу параметрлар 20° С ҳароратда нормаллашади.

Изоляциянинг $\operatorname{tg}\delta$ Шеринг схема бўйича юқори кучланишли Р - 5026 турдаги ишчи кучланиши 5 ёки 10 кВ саноат частотали бўлган кўприklar билан ўлчанади.

3.10. Изоляциянинг сифим хусусиятларини ўлчаш

Доимий ҳарорат ва частотада объектнинг қуввати доимий бўлиб қолади. Агар у кескин ўзгарса, бу ҳолда изоляциядаги катта, ривожланган нуқсон, масалан, ёқиш ёки шунтлаш каби.

Катта объектларда намланган изоляция учун қувватни тахмин қилиш частотага боғлиқ бўлиши мумкин, чунки $\omega \rightarrow \infty$ да C_∞ минимал ва C , $\omega \rightarrow 0$ да максимал. Бир томондан, изоляцияда намланиш қанча кўп бўлса ёки бегона ўтказувчи киритмаларни мавжудлиги, шунчалик сиғим ҳам юқори $C = C_0 - C_\infty = C$. Бошқа томондан, бегона қўшимчалар деярли сиғимга C_∞ таъсир қилмайди. Объектнинг сиғимини иккита частотада ўлчаш мумкин - паст C_Π ва юқори C_γ ва нисбат C_Π/C_γ эса изоляциянинг сифатини кўрсатади. Қурук изоляция учун $C_2/C_{50} = 1,2 - 1,3$ ва намланганда C_2/C_{50} нисбати 2 ва 50 Гц частоталарда ўлчанади.



Расм - 3.5. Изоляция сиғимини ўлчашнинг схемаси

Изоляция сифатини баҳолайдиган қурилманинг ишлаш принципи 3.5-расмда келтирилган. Чап тарафдаги П калити объектнинг (изоляциянинг) сиғими C_x ни доимий кучланиш манбасидан Q бир неча юз вольтли кучланиш билан заряд қилади, ва ўнг томонда эса C_x галванометрга G разрядлайди. Коммутация 2 ва 50 Гц частоталарда амалга оширилади. Изоляция қувватининг ўртача разряд токи қуйидагича аниқланади

$$i = q f = C \omega U f. \quad (3.11)$$

Ушбу ўлчов усули "қувват-частота" деб номланади.

Абсорбцион қувватни ўлчаш "қувват-вақт" усули ёрдамида ҳам мумкин, қувватнинг бир лаҳзали қиймати зарядлаш кучланишини қўллаганидан кейин ёки зарядсизлангандан кейин 1 микросониядан ва 0,5 - 1

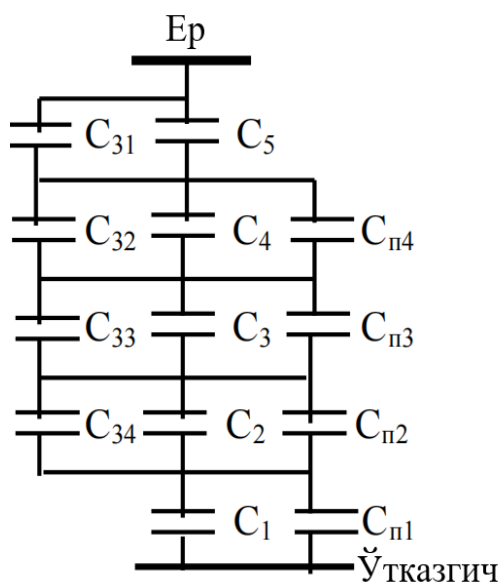
с дан кейин ўлчанади. Шундай қилиб, биринчи ҳолатда геометрик сиғим C_∞ , ва иккинчи ҳолатда эса изоляциянинг абсорбцион сиғими ($C_0 - C$) баҳоланади. Муносабатлар

$$\Delta C / C_\infty = (C_0 - C) / C \quad (3.12)$$

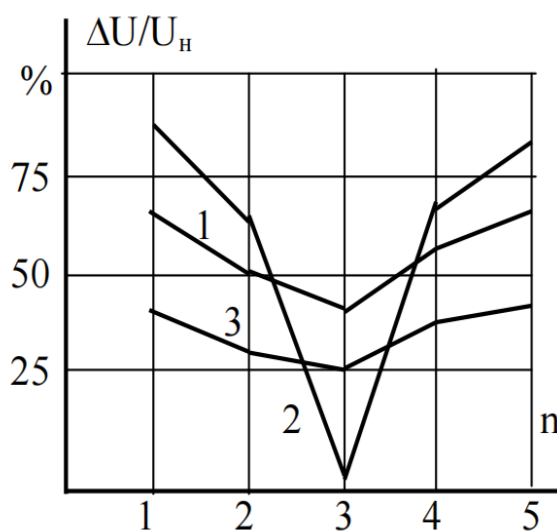
изоляциянинг ўзига хос хусусияти бўлиб хизмат қилади.

3.11. Изоляция конструкцияси элементлари бўйлаб кучланишнинг тақсимотини ўлчаш

Изоляторларнинг шодаси, таянч изоляторлар устуни каби изоляцион тузилмаларда ишчи кучланиши бир қатор элементларга ёки ўз изоляторларининг сиғимларига C , шунингдек, 3.6 - расмга мувофиқ ерга нисбатан қисман сиғимларга C_e ва ток ўтказувчи қисмлари $C_{п}$ бўйича тақсимланади.



Расм - 3.6. Изоляцион конструкциянинг алмаштириш схемаси



Расм - 3.7. Изоляцион конструкциянинг элементлари бўйича кучланишнинг тақсимланиши

Изоляцион структуранинг ишчи кучланишининг U_n да ΔU нормал тақсимланиши 3.7 - расмдаги 1 - эгри чизик билан ифодаланади. Изоляция қаршилигининг кескин ўзгариши билан (масалан, структуравий бузилиш - микродарслар), конструкция элементлари бўйлаб кучланиш тақсимои 3.7 - расмдаги 2 - эгри чизикқа мувофиқ нуқсонли ("нол") изолятор томон бузилади. U_n кучланишининг конструкция элементлари бўйлаб янада бир хил тақсимланиши изоляцион конструкциянинг охирида шохлар, ҳалқалар ва саккиз шаклидаги металл ҳимоя мосламаларини киритиш билан қайд этилади, улар 3.7 - расмдаги 3 эгрига мувофиқ ток ўтувчи участкаларини ва ерга ток оқишини камайтириб, $C_{П1}$ дан $C_{П4}$ гача сифимни оширади.

Изоляцион конструкциянинг элементлари бўйича тақсимланган кучланишни ўлчаш усули, изоляция қилинган ўлчаш штангаси ёрдамида ишчи кучланиши остида амалга оширилади. Штанга шуплари элементдан элементга ўтказилади, изоляторлардаги кучланиш навбат билан ўлчанади ва нормал тақсимот билан таққосланади ва нормал тақсимотдан оғиш нуқсонли изоляторни кўрсатади.

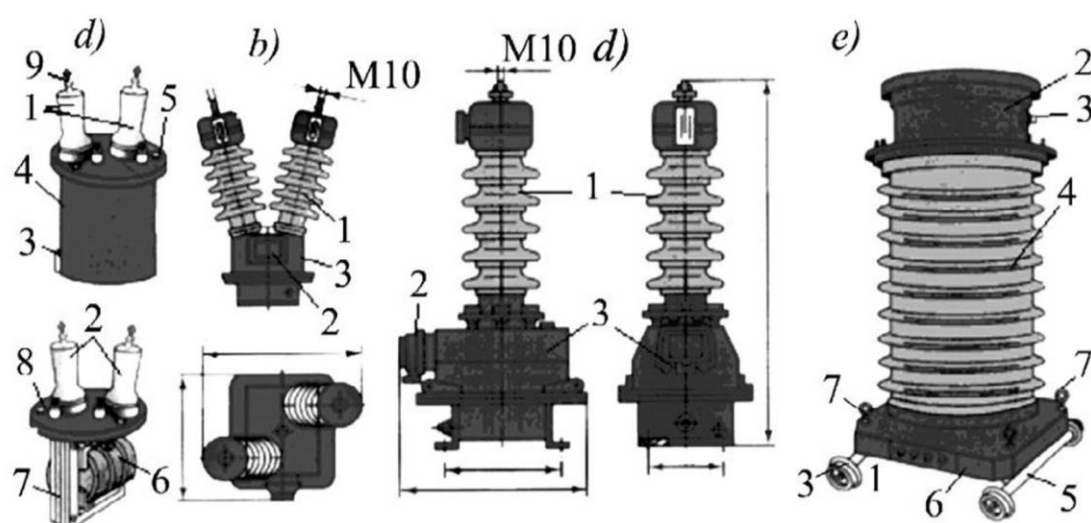
3.12. Изоляциядаги қисман разрядларни ўлчаш

Ҳаво ва газ қўшимчалари изоляциядаги кенг тарқалган концентрланган нуқсонлардир. Ҳавонинг диэлектрик доимийлиги диэлектрикниқидан паст бўлганлиги сабабли, газ бўшлиғидаги майдон кучи изоляция бўшлиғидаги ўртача майдон кучидан сезиларли даражада ошади. Шунинг учун ионлаш жараёнлари газ бўшлиғида, ҳатто иш кучланишида ҳам содир бўлади, бу қисман разрядланиш деб аталади. Бундай разряд тахминан $10^{-7} - 10^{-8}$ с давомийлиги билан ток импульсини келтиради, ишчи кучланиш амплитудасининг пасайишини ва 10 кГц дан 100 МГц гача частотали электромагнит тўлқинларнинг атрофдаги муҳидга тарқалишини келтириб чиқаради.

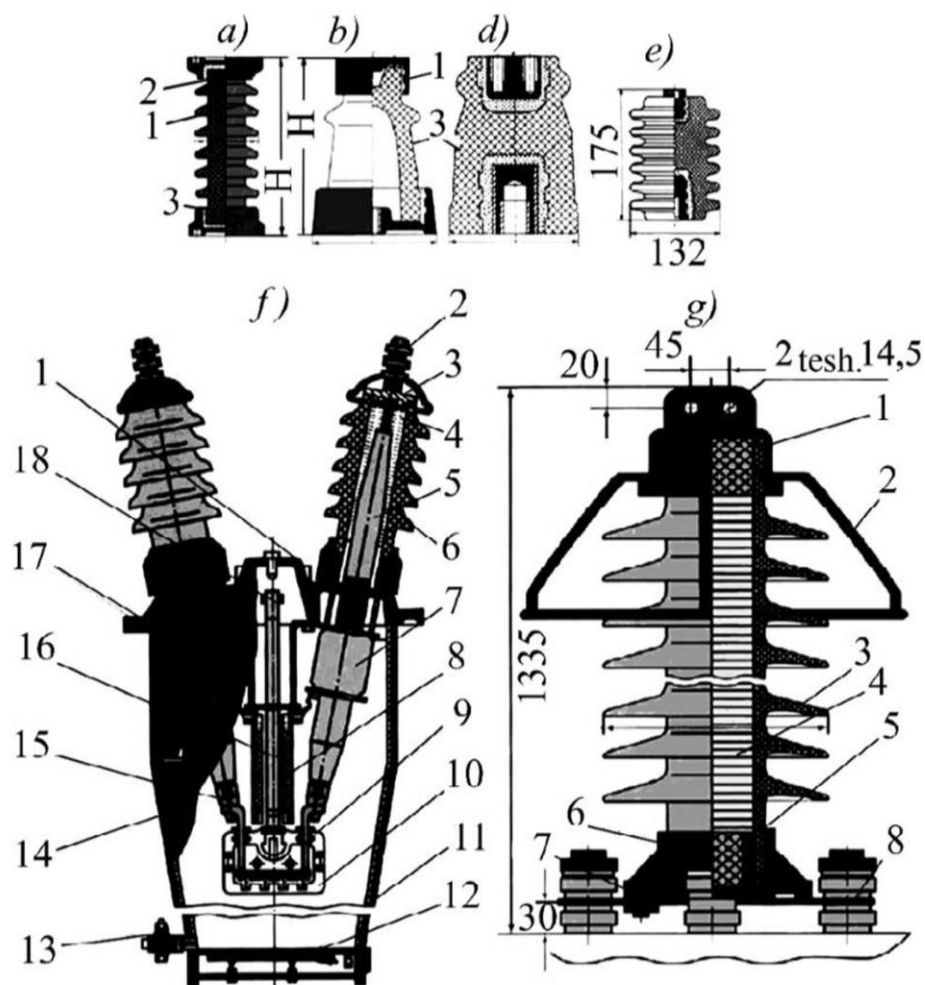
Ташқи электр занжирида қисман разрядланишни аниқлаш ва ўлчаш мумкин:

- объектдаги кучланишни баҳолаш;
- занжирдаги ток импульсини рўйхатдан ўтказиш;
- электромагнит тўлқинларнинг интенсивлигини баҳолаш

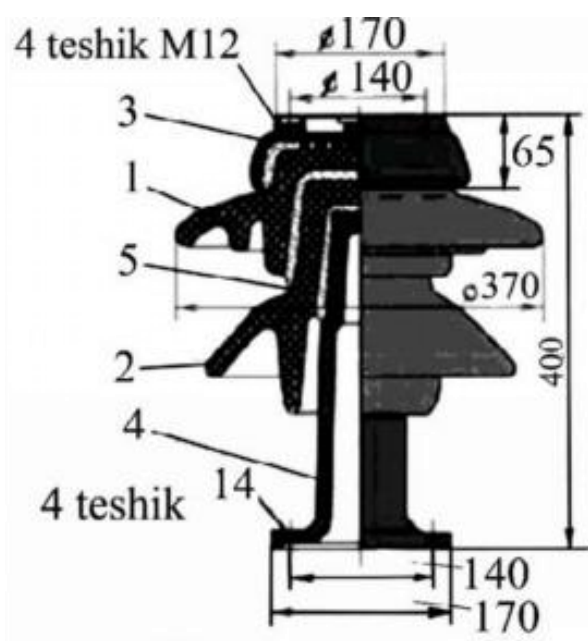
Ташқи электр занжиридаги кучланиш ёки ток тебранишлари тўғридан-тўғри синов схемасига киритилган қисман разряд кўрсаткичлари (ҚРК) билан аниқланади. Изоляция конструкциясининг ишлаши пайтида иш кучланиши остида қисман разрядланишлар мавжудлигини аниқлаш мумкин. Шу мақсадда махсус шуп орқали объект билан индуктив алоқага эга бўлган юқори частотали нуқсон аниқловчи детектор **дефектоскоп** қўлланилади. Объектнинг, ерлатиш занжиридаги оқаётган ток, шуп рамкасида осцилограф ёки электрон вольтметр ёрдамида ўлчанадиган электр юрутувчи кучни келтириб чиқаради. Қурилманинг яна бир тури, разряднинг радио нурлатиш индикатори (РРИ) ёрдамида қисман разрядланишни аниқлаш имконини беради. Ушбу усул ёрдамида қисман разрядсизланиш натижасида чиқадиган электромагнит тўлқинлар антенна ёрдамида қабул қилинади, яъни, улар нурланиш манбасини аниқ топадилар. Бироқ, радиация манбаи параметрларини ўлчашда, бу тож ҳодисаси ёки изоляциянинг газ бўшлиғида қисман разряд эканлигини аниқлашда хатолик бўлиши мумкин ва катта миқдордаги шовқин мавжудлиги билан боғлиқ қийинчиликлар натижаларни тавсифлашни мураккаблаштиради.



7-rasm. Yuqori kuchlanish o'lchov transformatori.



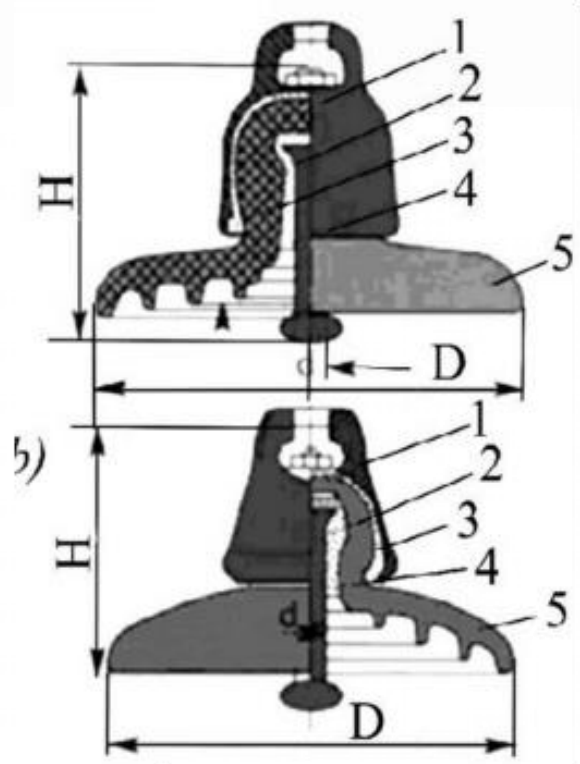
14-rasm.



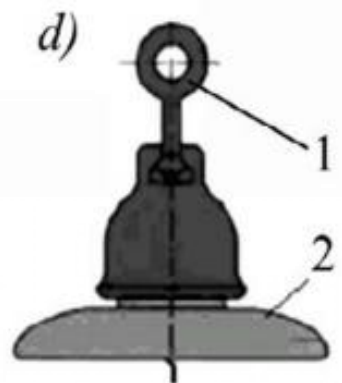
16-rasm.

a)

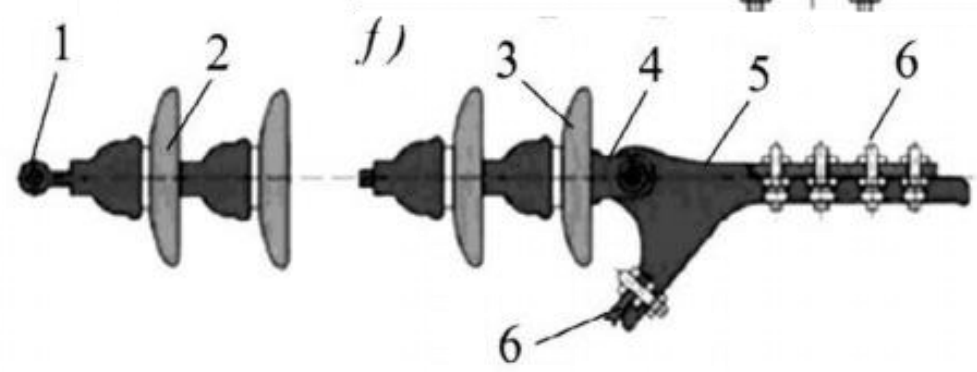
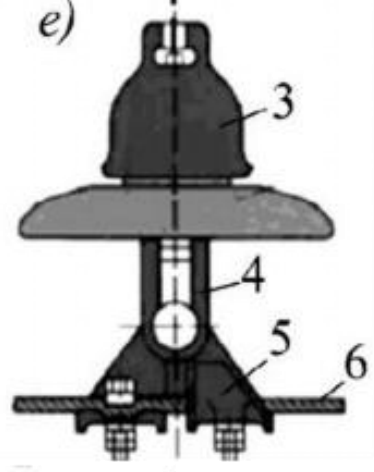
d)



b)

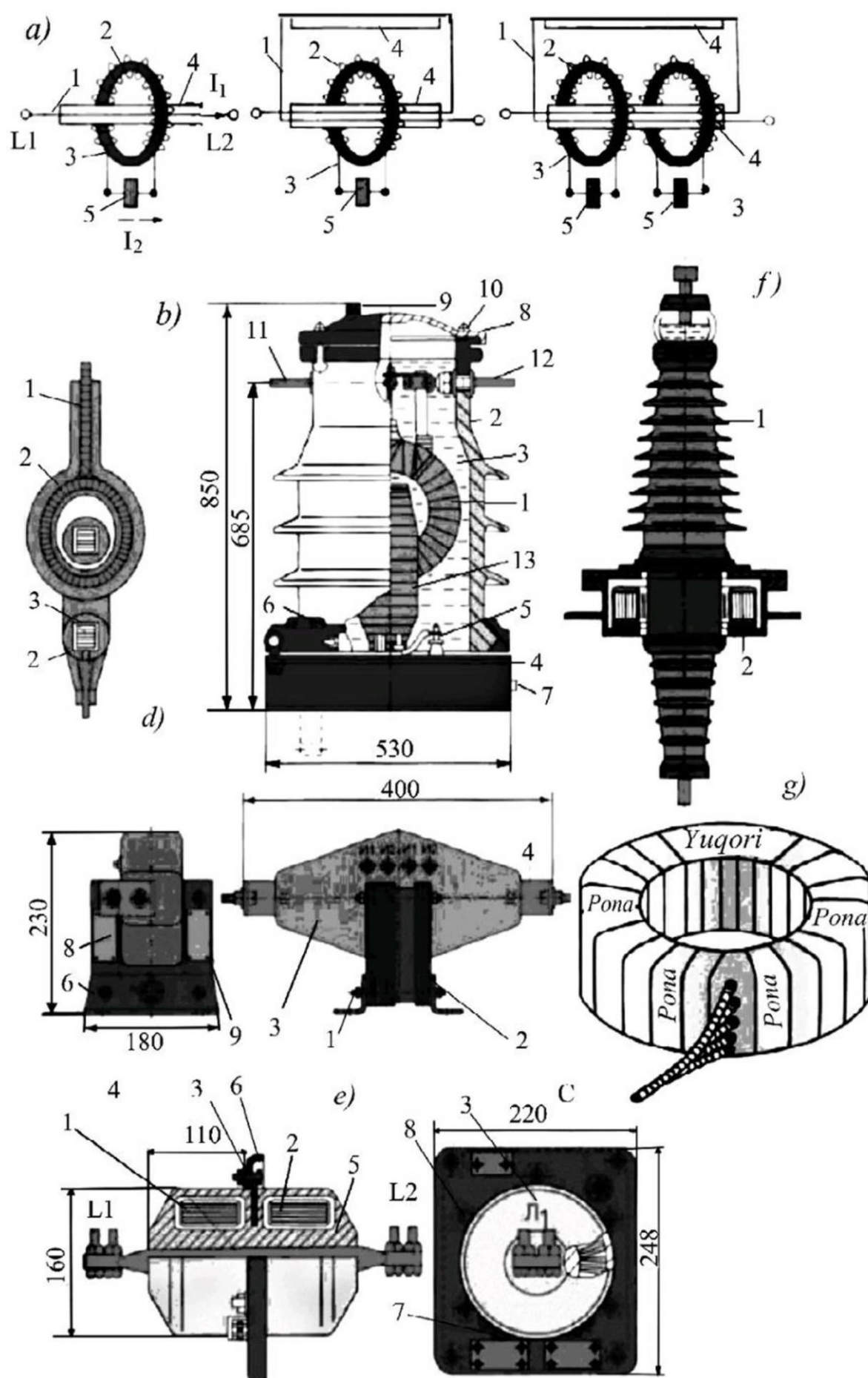


e)



f)

19-rasm.



5-rasm. Yuqori kuchlanishli tok o'lchov transformatorlari.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Егоров В.В. /Техника высоких напряжений. Перенапряжения в устройствах электрической тяги. Профилактические испытания изоляции. Учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта // Москва:-Маршрут, 2004, 188 с.
2. Бажов В.Ф., Лавринтович В.А. /Техника высоких напряжений. Курс лекций для студентов ВУЗ // Томск:-ТомПУ, 2008, 150 с.
3. Закарюкин Ф.П. /Техника высоких напряжений. Конспект лекций для студентов ВУЗ по специальности «Электроснабжение железнодорожного транспорта» // Иркутск:-ИрГУПС, 2005, 137 с.
4. Александров Г.Н. /Передача электрической энергии // Санкт-Петербург:-Изд. Политехи, ун-та, 2007, 412 с.
5. Почаевиц В.С. /Электрооборудование и аппаратура электрических подстанций, альбом // Москва:-УМК МПС России, 2002, 55 листов.
6. Бейер М., Бёк В., Мёллер К., Цаенгель В. / Техника высоких напряжений, теоретические и практические основы применения, пер. с нем. Кужейкина И. П., под ред. Ларионова В.П. // Москва:- Энергоатомиздат, 1989, 565 с.
7. Безуткин В.В., Ларионов В.П., Пинтель Ю.С. /Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжение в электрических системах. Под ред. Ларионов В.П., учебник ВУЗ // Москва:-Энергоатомиздат, 1986, 464 с.
8. Hamidov N., Turdibekov K., Ahrarov H. /Elektr Podstansiyalar, kollejlarda uchun o'quv qollanma //Toshkent: — Fan va texnologiya, 2006, 204 b.
9. Usmonxo'jayev N., Yoqubov B., Qodirov A., Sog'atov G ' . /Elektr ta'minoti // Toshkent-2007, 356 b.
10. Правило технической эксплуатации электроустановок потребителей. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей //Ташкент: — ООО «Темирйулчи» 2004, 120 б.
11. Hamidov N. /Yuqori kuchlanish texnikasi va izolatsiya, bakalavrlarga amaliy mashg'ulotlar bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma // Toshkent: - ToshIT, 2006, 39 b.
12. Hamidov N. /Yuqori kuchlanish texnikasi va izolatsiya, bakalavrlarga laboratoriya mashg'ulotlariga doir uslubiy ko'rsatma // Toshkent: — ToshIT, 2009, 32b.
13. Хамидов Н. /Электрический разряд вдоль поверхности твердых диэлектриков в вакууме // Т.: — Фан, 1985 , 258 с.
14. Usmonxo'jayev N.M., Hamiclov N., Turdibekov K.H. /Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va avtomatlashtirish, Hamidov N. tahriri ostida, 1-kitob, bakalavrlar uchun o 'quv qo'llanma //T.: Fan va texnologiya, 2010, 192 b.
15. Hamidov N., Turdibekov K.H. /Tortuvchi nim stansiyalar, Hamidov N. tahriri ostida, bakalavrlar uchun o'quv qo'llanma //Toshkent, Yangi asr avlodi, 2010, 252 b.

16. Hamidov N. /Elektrotexnologiya asoslari, bakalavrlar uchun o'quv qo'llanma, va IT kitoblar // T.:ToshTUMI, 2004, 291b.
17. Богородский Н.П., Пасынков В.В., Тареев В.М./ Электро технические материалы //Ленинград, Энергия, 1977, 352с.
18. Хамидов Н. О возможности создания железнодорожного транспорта на электрическом подвесе. Вестник ТашИИТ, 2007, № 3/4, 70-76 с.
19. Хамидов Н., Кельман М.Х., Исамухамедов С.Д. /Ускоритель на 1000 кэВ. В сб."Действие радиоактивного излучений на вещества" // Т: - Фан, 1970, 124-130с.
20. Khamidov N., Agzamov A. /A Electron beam study of the charge across the insulator surfase in vacuum //Zeszyty Naukowe Politechniki Poznanskiej, Elektryka, NR39, 1991, p. 183-190p.
21. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети. Служба электроснабжения, ГАЖК «Узбекистан темирйуллари» //Тошкент-2001, 115 с.
22. Хамидов Н., Хамидов А. Н. Возможности ресурсосбережения транспорта на электрическом подвесе. Материалы Всероссийской научной конференции «АСТИ НТЕХ-2007», часть I, Изд. Астраханский университет, 2007, 252 -255 с.
23. Электрошок "mobile" (напряжение разряда-700 кВ, вес-220 гр) // E-mail: sales@electro-shocker.info
24. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений /Под ред. В.П. Ларионова. - М.: ЭАИ, 1986.- 464 с.
25. Техника высоких напряжений /Под ред. Д.В. Разевига. - М.: Энергия, 1976.-488 с.
26. Техника высоких напряжений /Под ред. М.В. Костенко. - М.: Высш. шк., 1973. - 528 с.
27. Долгинов А.И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике. - М.: Энергия, 1968. - 468 с.
28. Разевиг Д.В. Методы теории вероятностей в технике высоких напряжений. - М.: МЭИ, 1975. - 263 с.
29. Половой И.Ф., Михайлов Ю.А., Халлилов Ф.Х. Перенапряжения на электрооборудовании высокого и сверхвысокого напряжений - Л.: Энергия, 1975. - 255 с.
30. Правила устройства электроустановок. - М.: ЭАИ, 1985. - 640 с.
31. Лабораторные работы по технике высоких напряжений /М.А. Аронов, В.В. Базуткин, П.В. Борисоглебский и др. - М.: Энергия, 1974.- 320 с.
32. Алексеев С.А., Дробинский А.В., Козырев Н.А., Лифанов В.Н. Исследование безопасных испытательных перенапряжений изоляции высоковольтных электрических машин //Тр. ЛПИ. Электроэнергетика. – Л.: 1976,№ 350.- С. 93-97.
33. Вольпов К.Д., Лифанов В.Н., Халлилов Ф.Х. и др. Исследование внутренних перенапряжений в сетях собственных нужд электростанций //Электрические станции.1976, № 8. - С. 60-64.

34. Домин О.И., Лифанов В.Н., Тырнов Ю.Н. Исследования, связанные с испытаниями твердой изоляции высоковольтных машин полупериодов 50 Гц //Тр. ЛПИ. Электроэнергетика. – Л.: 1979, № 367. - С. 92-95.
35. Лифанов В.Н., Лобанов М.П. Испытание изоляции крупных электрических машин повышенным напряжением /Деп. науч. работы – М.: ВИНТИ, 1988, № 1. N 936-эт.- С. 185.
36. Лифанов В.Н. Разрушающий метод испытания высоковольтной изоляции напряжением полупериода 50 Гц /Деп. науч. работы. – М.: ВИНТИ, 1988. № 2863-эн 77. Информэнерго.
37. Лифанов В.Н. Высоковольтное устройство для контроля качества изоляции //Внедрение мероприятий по снижению потерь и повышению устойчивости в энергетике Приморья /Прим. краев. упр. ВНТОЭ и Э. - Владивосток, 1988. - С. 5-9.
38. Базуткин В.В., Дмоховская Л.Ф. Расчеты переходных процессов и перенапряжений. - М.: ЭАИ, 1983. - 328 с.
39. Александров Г.Н., Иванов В.Л. Изоляция электрических аппаратов. - Л.: ЭАИ, 1984.- 208 с.
40. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. - Л.: Энергия, 1979. - 224 с.
41. Рябов Б.М. Измерение высоких импульсных напряжений. - Л.: ЭАИ, 1983. - 124 с.

	Кириш.....	4
1-БОБ	ТАШҚИ ИЗОЛЯЦИЯНИНГ ЭЛЕКТР ХУСУСИЯТЛАРИ.	6
1.1	Газ разрядланиш оралиғидаги жараёнлар.....	6
	Ионланиш турлари.....	7
	Рекомбинация.....	9
	Плазма.....	9
	Зарбали ионлаш коэффициенти.....	10
1.2	Кичик учқун оралиғида тешилиш механизми.....	11
	Иккиламчи ионланиш коэффициенти.....	13
	Бирхил электр майдонли оралиғдаги разряд кучланиши.....	14
	Пашен қонуни.....	14
1.3	Тожли разряд ва унинг хусусиятлари.....	16
	Кўчки тожи.....	16
	Стример тожи.....	17
	Доимий ва ўзгарувчан кучланишдаги тож разрядининг хусусиятлари.....	17
	Ўзгарувчан кучланишда тожга электр энергиясини йўқотилиши.....	20
	Тожнинг кучланиш амплитудасига таъсири.....	21
1.4.	Кичик интервалларда разряд хусусиятлари.....	22
	Кескин нотекис электр майдони бўлган кичик оралиқдаги разряд.....	22
	Кичик разряд оралиғга тўсиқни таъсири.....	26
1.5.	Узун ҳаво оралиғларида разрядни ривожланиш механизми.....	28
	Разряднинг етакчи босқичи.....	28
	Узун оралиғдаги асосий разряд.....	29
	Узун оралиғдаги учқун.....	30
	Узун оралиғлардаги ёй.....	31
1.6.	Қаттиқ диэлектрик юзаси бўйлаб газдаги разряд.....	32
	Қаттиқ жисмли диэлектрикнинг қуруқ юзасидаги разряд.....	32
	Изолятор юзасидаги нам разрядли кучланиши.....	35
	Изолятор юзасида қопланишнинг олдини олиш чоралари.....	39
1.7.	Қаттиқ изоляциянинг электр бузилиши.....	39
	Ягона ва кўп композит изоляцион тузилмалар.....	39
	Бир компонентли конструкцияни электр тешилиш жараёни....	40
	Қаттиқ компонентнинг электр тешилиши.....	41
2 -БОБ	ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИДАГИ ЎТА КУЧЛАНИШ.....	45
2.1.	Чакмоқ ва унинг хусусиятлари.....	45
	Чакмоқни ривожланиши.....	45
	Чакмоқ разрядининг физик тасвири.....	46
	Чакмоқ разряди параметрлари.....	47
2.2.	Яшин қайтаргичлар ва разрядловчи қурилмалар.....	49
	Яшин қайтаргичларнинг тузулиши ва мақсади.....	49

Стерженли яшин қайтаргичларни ҳимоя зоналари.....	51
Тросли яшин қайтаргичлари учун ҳимоя зоналари.....	55
Ерлантириш қурилмалари ва уларнинг хусусиятлари.....	57
Разрядловчи қурилмалари.....	60
2.3. Электр жиҳозларидаги тўлқин жараёни.....	68
Линиядаги исрофсиз электромагнит тўлқини.....	68
Линиянинг яшин тугун нуктасидаги тўлқинларнинг синиши ва акс этиши.....	70
Трансформатор чўлғамидаги тўлқин жараёни.....	72
Трансформаторларнинг ички ҳимояси.....	80
Айланадиган машиналарнинг чўлғамларида тўлқинларнинг тарқалиши.....	84
2.4. Линиялар, тақсимлаш қурилмалари ва электр машиналарини яшиндан ҳимоя қилиш.....	86
Электр узатиш линияларини яшиндан ҳимоя қилишнинг умумий тамойиллари.....	86
110 кВ ва ундан юқори электр узатиш линияларини яшиндан ҳимоя қилиш.....	87
Ёғоч таянчларда 35 - 220 кВ электр узатиш линияларини чақмоқдан ҳимоя қилиш.....	88
Металл ва темир-бетон таянчларда 35 кВ электр узатиш линияларини чақмоқдан ҳимоя қилиш.....	89
3 - 10 кВ электр узатиш линиясининг яшин қайтаргичи.....	91
Учқунли оралиғлар орқали чақмоқдан ҳимоя тросларини ерлатиш.....	91
Подстанцияни чақмоқдан ҳимоя қилишнинг умумий тамойиллари.....	92
Подстанцияларни кировчи тўлқинлардан (ўта кучланишлардан) ҳимоя қилувчи яшин қайтаргич.....	93
Ускунанинг изоляциясини ҳимоя қилиш учун учқун бўшлиғини ўрнатиш жойини танлаш принципи.....	95
Подстанцияга ҳимояланган ёндашув узунлигини баҳолаш.....	97
Ҳар хил номинал кучланишли подстанцияларнинг изоляциясини чақмоқдан ҳимоя қилиш.....	99
Электр машина изоляциясини чақмоқдан ҳимоя қилиш.....	102
2.5. Ички ўта кучланиш.....	104
Умумий маълумот.....	104
Электр узатиш линиясини ёйни қайта ёқиш билан узиш.....	105
Электр узатиш линияси қайта ёқилганда ўта кучланиш.....	106
Юкланмаган трансформаторларни ажратиш.....	108
Фазалараро комутацион ўта кучланиш.....	109
Изоляция қилинган нейтрал тармоқларда ўта кучланиш.....	110
Резонансли ўта кучланиш.....	113

	Коммутация ва резонансли ўта кучланишни чеклаш.....	114
3 БОБ	ИЗОЛЯЦИЯНИ МУВОФИҚЛАШТИРИШ ВА НАЗОРАТ ҚИЛИШ.....	120
3.1.	Изоляцияни мувофиқлаштиришнинг умумий тамойиллари....	120
3.2.	Атмосфера ўта кучланиши бўйича изоляцияни мувофиқлаштириш.....	121
3.3.	Ички ўта кучланиш бўйича изоляцияни мувофиқлаштириш....	121
3.4.	Узоқ муддатли кучланиш таъсири бўйича изоляцияни мувофиқлаштириш.....	123
3.5.	Изоляция сифатининг назорати.....	125
	Изоляция конструкциясидаги маҳаллий ва умумий нуқсонлар	125
3.6.	Изоляцияни юқори кучланиши билан синовдан ўтказиш.....	126
3.7.	Бузилмайдиган изоляцияни бошқариш усули.....	128
3.8.	Изоляциянинг қаршилигини ёки тешик ўтказувчанлигини ўлчаш.....	129
3.9.	Диэлектрик йўқотишлар бурчагини ўлчаш.....	129
3.10.	Изоляциянинг сиғим хусусиятларини ўлчаш.....	130
3.11.	Изоляция конструкцияси элементлари бўйлаб кучланишнинг тақсимотини ўлчаш.....	132
3.12.	Изоляциядаги қисман разрядларни ўлчаш.....	133
	ИЛОВАЛАР.....	135
	Фойдаланган адабиётлар рўйхати.....	138

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение.....	4
Глава 1	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНЕШНЕЙ ИЗОЛЯЦИИ.....	6
1.1.	Процессы в газовом разрядном промежутке.....	6
	Виды ионизации.....	7
	Явления рекомбинации.....	9
	Плазма.....	9
	Коэффициент ударной ионизации.....	10
1.2.	Механизм пробоя в малом искровом промежутке.....	11
	Коэффициент вторичной ионизации.....	13
	Разрядное напряжение в промежутке с равномерным электрическим полем.....	14
	Закон Пашена.....	14
1.3.	Корона и ее характеристики.....	16
	Лавинная корона.....	16
	Стримерная корона.....	17
	Особенности коронного разряда при постоянном и переменном напряжениях.....	17
	Потери электроэнергии на корону при переменном напряжении.....	20
	Влияние короны на амплитуду перенапряжения.....	21
1.4.	Особенности разряда в малых промежутках.....	22
	Разряд в промежутке с резконеuniformным электрическим полем.....	22
	Барьерный эффект в разрядном промежутке.....	26
1.5.	Механизм развития разряда в длинных воздушных промежутках.....	28
	Лидерная стадия разряда.....	28
	Главный разряд в длинном промежутке.....	29
	Искра.....	30
	Дуга.....	31
1.6.	Разряд в газе вдоль поверхности твердого диэлектрика.....	32
	Разряд по сухой поверхности твердого диэлектрика.....	32
	Мокроразрядное напряжение на поверхности изолятора.....	35
	Меры предотвращения перекрытия поверхности изолятора.....	39
1.7.	Электрический пробой твердой изоляции.....	39
	Одно - и многокомпозиционные изоляционные конструкции..	39
	Электрический пробой однокомпозиционной конструкции.....	40
	Электрический пробой твердой композиции.....	41
Глава 2	ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	45
2.1.	Молния и ее характеристики.....	45

Развитие молнии.....	45
Физическая картина разряда молнии.....	46
Параметры разряда молнии.....	47
2.2. Молниеотводы и разрядные устройства.....	49
Устройство и назначение молниеотводов.....	49
Зоны защиты стержневых молниеотводов.....	51
Зоны защиты тросовых молниеотводов.....	55
Заземлители и их характеристики.....	57
Разрядные устройства.....	60
2.3. Волновой процесс на электрооборудовании.....	68
Электромагнитная волна на линии без потерь.....	68
Преломление и отражение волн в узловой точке молнии.....	70
Волновой процесс в обмотке трансформатора.....	72
Внутренняя защита трансформаторов.....	80
Распределение волн в обмотках вращающихся машин.....	84
2.4. Грозозащита линий, распределительных устройств и электрических машин.....	86
Общие принципы грозозащиты ЛЭП.....	86
Грозозащита ЛЭП 110 кВ и выше.....	87
Грозозащита ЛЭП 35-220 кВ на деревянных опорах.....	88
Грозозащита ЛЭП 35 кВ на металлических и железобетонных опорах.....	89
Грозозащита ЛЭП 3-10 кВ.....	91
Заземление грозозащитных тросов через искровые промежутки.....	91
Общие принципы грозозащиты подстанций.....	92
Грозозащита подстанций от набегающих волн перенапряжения.....	93
Принцип выбора места установки разрядника для защиты изоляции оборудования.....	95
Оценка длины защитного подхода к подстанции.....	97
Грозозащита изоляции подстанций различного номинального напряжения.....	99
Грозозащита изоляции электрических машин.....	102
2.5. Внутренние перенапряжения.....	104
Общие сведения.....	104
Отключение линии электропередачи с повторным зажиганием дуги.....	105
Перенапряжения при повторном включении ЛЭП.....	106
Отключение ненагруженных трансформаторов.....	108
Междуфазные коммутационные перенапряжения.....	110
Перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью.....	109
Резонансные перенапряжения.....	113

	Ограничения коммутационных и резонансных перенапряжений.....	114
Глава 3	КООРДИНАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ.....	120
3.1.	Общие принципы координации изоляции.....	120
3.2.	Координация изоляции по атмосферным перенапряжениям....	121
3.3.	Координация изоляции по внутренним перенапряжениям.....	121
3.4.	Координация изоляции по длительным воздействиям напряжения.....	123
3.5.	Контроль за качеством изоляции.....	125
	Местные и общие дефекты в изоляционной конструкции.....	125
3.6.	Испытание изоляции повышенным напряжением.....	126
3.7.	Неразрушающий метод контроля изоляции.....	128
3.8.	Измерение сопротивления изоляции или сквозной проводимости.....	129
3.9.	Измерение угла диэлектрических потерь.....	129
3.10.	Измерение емкостных характеристик изоляции.....	130
3.11.	Измерение распределения напряжения по элементам изоляционной конструкции.....	132
3.12.	Измерение частичных разрядов в изоляции.....	133
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	135
	Список используемых источников.....	138

Бабаев Азиз Галибович

ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАР ИЗОЛЯЦИЯСИ ВА ЎТА КУЧЛАНИШ

Ўқув қўлланма 60710600 – Электр энергетикаси (тармоқлар ва сохалар бўйича) бакалавр таълим йўналишига мўлжалланган

Мухаррир: – С.А. Дустназарова

Мусахҳиҳ: – Д.Х. Усманова

Дизайнер: – Д.Р. Фозилов