

Course name: Electrical Safety for Electrical Engineers.

**Week 15. Analysis of Electrical Hazard in Networks with
Different Neutral Modes
Abdulloev Bakhtiyor Tolibjonovich**

Номи курс: Бехатарии электрикӣ барои муҳандис электрикҳо: Ҳафтаи 15.

Таҳлили хатарҳои барқӣ дар шабакаҳо бо режимҳои гуногуни нейтрал.
(Режимҳои нейтрал ва таъсири онҳо ба бехатарӣ, рафтори шабака ҳангоми
заминпайваस्तшавӣ).

(Режимы нейтрали и их влияние на безопасность, поведение сети при
замыкании на землю).

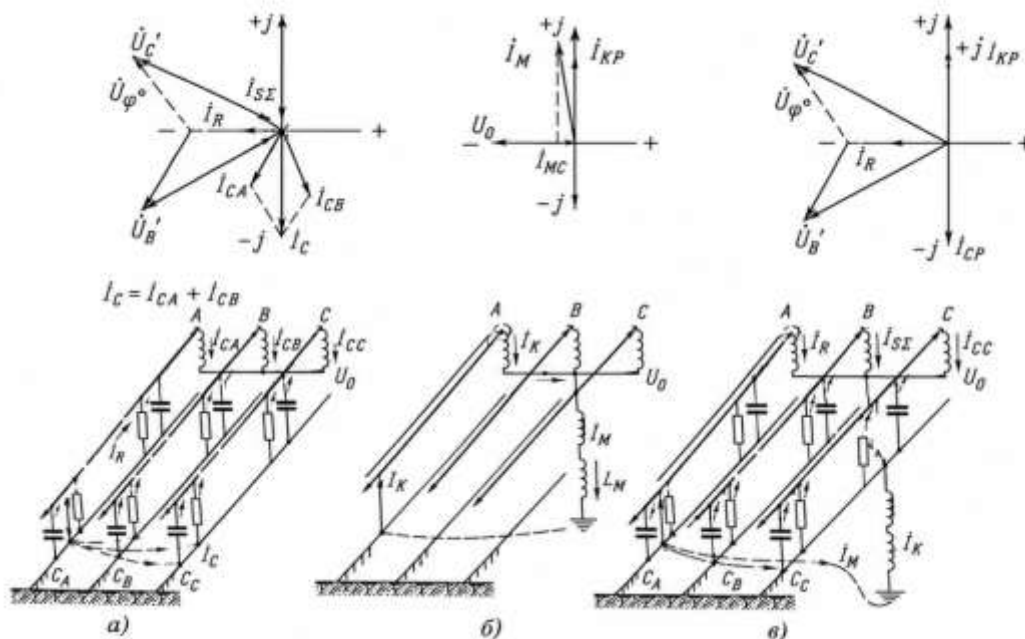
Дар шабакаи камқувват бо нейтралӣ изолятсияшуда чараҳои
заминпайвастшавии якфаза (ОЗЗ) ҳамагӣ чанд амперро ташкил медиҳад,
бинобар ин ОЗЗ амалан ба шароити интиқоли энергия ба
истеъмолкунандагон таъсири назаррас намерасонад. Аз тарафи дигар, дар
чунин қиматҳои чараён камони барқӣ ноустувор буда, пас аз чанд нимдавра
худ аз худ хомӯш мегардад. Ҳангоми чараёнҳои назарраси ОЗЗ камон
метавонад муддати тӯлонӣ сӯзад, аммо одатан он ба фазаҳои ҳамсоя
«мепарад», ки боиси кӯтоҳпайвастшавии дуфаза ва сефаза мегардад. Барои
шабакаҳои 6–35 кВ таъсири гармӣ ва ионизатсионии камонҳои барқӣ
хатарнок ба ҳисоб меравад. Дар канали камон, дар лаҳзаи таваккуфи чараён,
деионизатсияи шадида сутуни камон ба амал меояд, ки дар натиҷа хосиятҳои
диэлектрикии фосила барқарор мешаванд.

Аз ҷониби дигар, бо афзоиши муқовимати камон, шиддат дар он зиёд
шуда, то лаҳзаи таваккуфи чараён барқарор мегардад. Аз ин рӯ, ҳангоми ҳар
як гузариши чараён аз сифр кӯшиши хомӯшшавии камон ба вучуд меояд, ки
натиҷаи он аз таносуби байни суръати барқароршавии шиддат ва суръати
барқароршавии устувории диэлектрикӣ вобаста аст. Аз ҳад зиёд шудани
шиддат (перенапряжения) ҳангоми заминпайвастшавии камонӣ дар натиҷаи
аз нав пуршавии ларзишии иқтидорҳои (сиёми) фазаҳо нисбат ба замин
ҳангоми алангагирӣ ва хомӯшшавии камони заминӣ дар нуктаи ОЗЗ ба вучуд
меояд. Қиматҳои максималии ин шиддатҳои изофӣ аз рӯи арзишҳои лаҳзавии
шиддат дар нейтрал ва дар фазаҳои осебнадида муайян карда мешаванд.

Чуброни чараҳои иқтидорноки заминпайвастшавӣ (ОЗЗ) воситаи
беалоқай хомӯшкунии камони барқӣ ба ҳисоб меравад. Дар ҳолатҳои, ки бо
сабабҳои гуногун хомӯш намудани пайвастагии осебдида ҳангоми ОЗЗ
номатлуб аст, зарур мебошад тадбирҳо барои кам намудани оқибатҳои
эҳтимолии осеб амалӣ карда шаванд. Чуброни чараҳои иқтидорноки ОЗЗ

тавассути истифодаи реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР) ба ҳалли ин масъала мусоидат менамояд. Ҳамзамон, самаранокии максималӣ ҳангоми истифодаи ДГР танҳо дар шароити ҷуброни пурраи чараёни иқтидорнок ба даст меояд, вақте ки ихтилофи танзими ҷуброн (расстройкаи) аз ҳадди муайян (одатан хурд) зиёд намешавад. Ин ҳолат танҳо дар шабакаи амалан симметрӣ, бо мавҷудияти танзимгарҳои боэътимод ва баланддақиқи автоматӣ имконпазир аст, ки назорати доимии иқтидори фазаҳо нисбат ба заминро таъмин намуда, параметрҳои ДГР-ро ба таври худкор ислоҳ мекунад.

Илова бар ин, масъала бо он мураккаб мегардад, ки дар шабакаи ҷуброншуда истифодаи дастгоҳҳои махсус барои муайянсозии худкори пайвастагии осебдида зарур мебошад. Дар расми 37 схемаҳои фазой ва диаграммаҳои векторӣ ҳангоми мавҷуд будани ОЗЗ дар шабака нишон дода шудаанд.



Расми 1 — Схемаҳои фазой ҳангоми заминпайваस्तшавӣ ва диаграммаҳои вектории чараёнҳо:

чараёнҳои иқтидорнок ва фаъол дар шабака (а);
 чараён дар катушкаи хомӯшкунандаи камон (чараёни ҷуброн) (б);
 чараёни натиҷавӣ дар нуқтаи осеб (в).

ки дар он:

(U_C'), (U_B') — шиддатҳои фазаҳои осебнадида ҳангоми заминпайваस्तшавии якфаза (ОЗЗ) дар фазаи А.

(I_{KP}) — ҷараёни реактиви реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР);

(I_{KA}) — ҷараёни фаъолии ДГР;

(I_p) — ҷараёни натиҷавӣ;

(I_{CC}) — ҷараёнҳои иқтидорноки фазаҳои С ва В.

Ҷараёни ДГР дар натиҷаи таъсири шиддати ҷойивазшавии нейтрал ба вучуд меояд:
($U_{CM} = -U_a$).

Ҷараёни иқтидорноки реактор аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$I_C = \sqrt{W C U} \quad (2)$$

ки дар он:

$\omega = 2\pi f$ — басомади даврии шабака;

f — басомади шабака;

L_P — индуктивнокии реактор.

Дар шабакаҳои, ки ҷараёнҳои иқтидорноки заминпайваस्तшавӣ (ОЗЗ) калонанд, насби реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР) ҳатмӣ мебошад. Талабот нисбат ба қимати ҷараёни ОЗЗ, ки ҳангоми он истифодаи ДГР зарур мегардад, дар боби қаблӣ оварда шудааст.

Ҳангоми насби ДГР ва танзими резонансии он, шароити мусоиди ҷараёни равандҳо таъмин карда мешаванд:

- ҷараёни ҳадди ақали басомади саноатӣ дар нуктаи осеб;
- суръати ҳадди ақали барқароршавии шиддат пас аз хомӯшшавии камон;
- сатҳи ҳадди ақали изофашиддатҳои камонӣ;
- пешгирии пайдоиши падидаҳои феррорезонанс дар шабака;
- имконияти кори шабака дар ҳолати «бо замин»;
- пешгирии афзоиши ногаҳонии қувваи реактивӣ ба манбаъҳои таъминот.

Дар шароити воқеии тағйирёбии иқтидори шабака, нокифоя будани қувваи реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР) ва набудани системаҳои танзими автомати чуброн, таъмин намудани режими танзими резонансӣ, ки аз бисёр ҷиҳатҳо мусоид мебошад, амалан ғайриимкон мегардад. Қоидаҳои истифодаи техникийи нуругоҳҳо ва шабакаҳои барқӣ (ПТЭ) иҷозат медиҳанд, ки ДГР бо **перекompенсация** (яъне ҷараёни реактор аз ҷараёни ОЗЗ зиёд аст) танзим карда шавад. Дар ин ҳолат, ҷузъи реактиви ҷараёни ОЗЗ набояд аз 5 А зиёд бошад, ва дараҷаи ихтилофи танзим (расстройкаи) — на бештар аз 5%.

Агар дар шабакаҳои 6–10 кВ ДГР-ҳо фарқи калони ҷараёнҳои шохаҳои ҳамсоя дошта бошанд, иҷозат дода мешавад, ки расстрейка бо ҷузъи реактивии ҷараёни ОЗЗ то 10 А бошад. Дар шабакаҳои 35 кВ, ҳангоми ҷараёни ОЗЗ камтар аз 15 А, дараҷаи расстрейка метавонад то 10% расад. Режими **нокифояҷубронкунӣ** (яъне ҷараёни ДГР аз ҷараёни ОЗЗ камтар аст) танҳо дар он сурат иҷозат дода мешавад, ки нобаробариҳои изтирории иқтидори фазаҳо (масалан, ҳангоми $\frac{I}{I_c}$ шудани ноқил) ба пайдоиши шиддати ҷойивазшавии нейтрал, ки аз 70% шиддати фазаӣ зиёд аст, оварда нарасонанд. Азбаски иҷрои ин талабот бо сабаби гуногуншаклии тағйирёбии иқтидорҳои фазаӣ шабака дар амал қариб ғайриимкон аст, режими нокифояҷубронкунӣ тавсия дода намешавад.

Ҷараёни расиш ба замин

Ҷараёни расиши якфаза (ОЗЗ) аз рӯи формулаи (2) муайян карда мешавад:

$$I_C = 3\omega C_{\phi} U_{\phi} \cdot 10^6 \quad (2)$$

Дараҷаи расстрейкаи ҷуброни ДГР аз рӯи формулаи (46) муайян мешавад:

$$V = I_C I_k / I_c \cdot 100 \quad (3)$$

Дар шабака бо ДГР-и пайваस्तшуда ба нейтрал, **шиддати ҷойивазшавии нейтрал** (U_0) пайдо мешавад, ки аз рӯи формулаи (4) муайян карда мешавад:

$$U_0 = \frac{U_{\text{нс}}}{V - jd} \quad (4)$$

ки дар он (d) — **коэффисиенти оромиш (успокоения)** мебошад ва аз рӯи формулаи (48) муайян карда мешавад:

$$d = \frac{I_R}{I_C} \quad (5)$$

Барои шабакаҳои ҳавой бо ҳолати муқаррарии изолятсия:

($d = 2-6\%$),

дар ҳолати изолятсияи ифлос ва намнок (d) метавонад то 10% зиёд шавад;

барои шабакаҳои кабелӣ

Дараҷаи ҷойивазшавии шиддати нейтрал (формулаи 50):

$$U_0 = U_{нс} \sqrt{V^2 + d^2} \quad (6)$$

($I_3 = 75$) А ҳангоми коэффисиенти ҷуброни ҷараёни иқтидорнок:

- ($K_3 = 100\%$) — резонанс;
- ($K_3 = 125\%$) — перекомпенсация;
- ($K_3 = 75\%$) — недокомпенсация.

Коэффисиенти ҷуброн (формулаи 7):

$$K = \frac{1}{3 \omega^2 L_P C} \cdot 100 \quad (7)$$

Агар шабака нобаробарии назарраси иқтидорҳои фазаҳо нисбат ба замин дошта бошад, шиддати ҷойивазшавии нейтрал метавонад ба қиматҳои расад, ки ба шиддати фазавӣ наздиканд. Дар чунин ҳолат, тавассути реактор ҷараёне мегузарад, ки хомӯш кардани он бо ҷудокунанда (разъединитель) иҷозат дода намешавад. Қиматҳои ҳадди иҷозатдодашудаи ҷойивазшавии нейтрал ва инчунин ҷараёнҳои хурде, ки хомӯш кардани онҳо бо ҷудокунанда иҷозат дода мешавад, дар **Ҷадвали 1** оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 — Қиматҳои ҳадди иҷозатдодашудаи ҷойивазшавии нейтрал ва ҷараёни ҳадди хомӯшшаванда.

Шиддати шабака, кВ	Ҷойивазшавии ҳадди нейтрал, кВ	Ҷараёни ҳадди хомӯшшаванда, А
6	1,75	30
10	3,0	20
35	4,3	15

Ҳангоми ба вуҷуд омадани чунин режим, пеш аз хомӯш кардани ҷудокунанда (разъединитель), зарур аст ҷойивазшавии нейтрал бо роҳи тағйир додани иқтидори (сиёми) шабака кам карда шавад (формулаи 8):

$$U_N = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad (8)$$

Иқтидори умумии шабака аз рӯи қимати ҷараёни иқтидорноки заминпайвастанавӣ муайян карда мешавад, яъне (формулаи 9):

$$C = C_A + C_B + C_C = \frac{I_C}{\omega U_M} \quad (9)$$

ки дар он:

I_{CI} — амплитудаи қимати устуворшудаи чараёни иқтидорноки заминпайвастанавӣ мебошад.

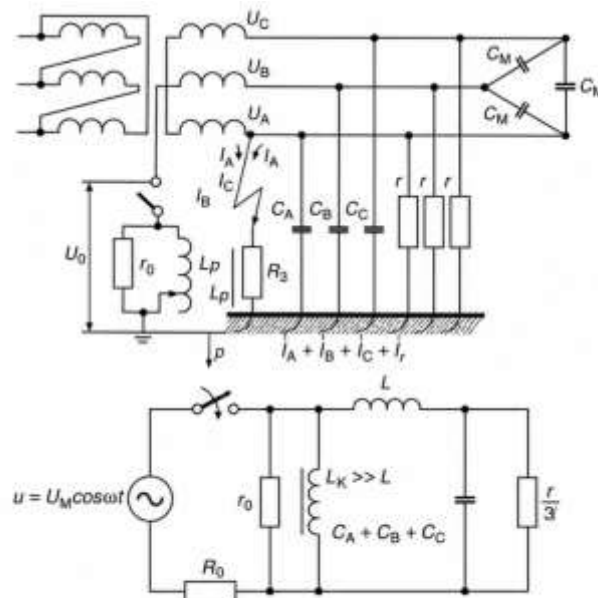


Рисунок 43 - Трёхфазная схема сети и схема контура нулевой последовательности

Дар расми 43 схемаи шабака ва схемаи контури пайдарпаии сифр (НП) нишон дода шудааст. Ҳангоми кори шабака бо нули изолятсияшуда ва дар набудани заминпайвастанавии якфаза (ОЗЗ), дар нули шабака **шиддати нобаробарӣ** ($\overline{U}_{нс}$) ба вуҷуд меояд, ки аз нобаробарии иқтидорҳои фазаҳо нисбат ба замин ба вуҷуд меояд.

Дараҷаи нобаробарии фазаҳо аз ҷойгиршавии ноқилҳо дар таҷағоҳҳо, инчунин аз тақсимои конденсаторҳои алоқаи баландбасомад байни фазаҳои хатҳои ҳавоӣ вобаста аст. Вектори дараҷаи нобаробарӣ ҳамеша ба самти он фазаҳои рағна мешавад, ки нисбат ба замин иқтидори зиёдтар доранд.

Дар шабакаҳои, ки аз кабелҳои сефаза иборатанд, ($\overline{U}_{нс} = 0$). Қоидаҳои истифодаи техникаи нуруғоҳҳо ва шабакаҳои барқӣ (ПТЭ) қимати шиддати нобаробариро чунин меёргузори мекунанд:

$$\overline{U}_{нс} < 0.75\% \text{ аз шиддати фазавии шабака.}$$

Ҳангоми пайваст намудани реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР), дар нейтрал **шиддати ҷойивазшавӣ** ($U_{см}$) пайдо мешавад, ки аз мавҷуд будани ($U_{нс}$) дар шабака вобаста аст.

Бузургтарин қимати **шиддати ҷойивазшавии нейтрал** дар шабака ҳангоми танзими резонансии ҷуброн ба вучуд меояд (яъне вақте ки ҷараёни ДГР ба ҷараёни иқтидорноки шабака баробар аст).

Самти вектори шиддати ҷойивазшавӣ аз қимати максималии ($U_{см}$) ба андозаи 90° ақиб мемонад. Ин қимати максималӣ диаметри давраи шиддатҳои ҷойивазшавиро ташкил медиҳад, ки аз нуқтаи ибтидоии системаи симметрии шиддатҳои фазавӣ гузаронида мешавад.

Қоидаҳои истифодаи техникаи неругоҳҳо ва шабакаҳои барқӣ (ПТЭ) қиматҳои иҷозатдодашудаи шиддати ҷойивазшавии нейтралро чунин муайян мекунанд:

- то **15%** — барои режими дарозмуддат;
- то **30%** — барои режими кӯтоҳмуддат.

Дар шабакаи нобаробар аз рӯи иқтидор бо мавҷудияти ДГР, ҷойивазшавии нейтрал ба вучуд меояд, ки аз рӯи формулаи (10) муайян карда мешавад:

$$\bar{U}_H = \bar{U}_A \frac{C_A + a^2 C_B + a C_C}{C_A + C_B + C_C + C_P} \quad (10)$$

ки дар он:

(C_P) — иқтидори реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР).

Қимати нисбатан калони ҷойивазшавии нейтрал метавонад дар баъзе режимҳои изтирорӣ ба вучуд ояд, масалан, ҳангоми хомӯш шудани яке аз фазаҳои хатти ҳавоӣ (ВЛ). Аз ҷумла, ҳангоми ($C_1 = C_2$) ва ($C_3 = 0$), шиддати нейтрал баробар мешавад ба:
[$U_0 = 0.5, U$]

Аз диаграммаи расми 1 бармеояд, ки **ҷараёни заминпайвастшавӣ** ҳамчун суммаи ду ҷараёни иқтидорнок муайян мешавад, ки нисбат ба ҳамдигар бо кунҷи 60° ҷобачо шудаанд.

Барои хомӯш кардани камон, лозим аст, ки ҷараён дар нуқтаи заминпайвастшавӣ ба сифр баробар бошад (ҳолати идеалӣ). Ба ин метавон

ноил шуд, агар ба нейтралӣ манбаъ чунин индуктивият пайваст карда шавад, ки ҷараёни аз он гузашта:

- аз рӯи қимат ба ҷараёни нуқтаи осеб баробар бошад;
- аз рӯи фаза бо он 180° фарқ дошта бошад.

Чунин индуктивият **реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР)** мебошад.

Баландшавии шиддат ҳангоми заминпайвастшавии камонӣ (ОЗЗ) бо он вобаста аст, ки **пробои дуҷумдараҷа** дар шароите ба амал меояд, ки шиддати нейтрал ба сифр баробар нест. Ин шиддат аз шароити хомӯшшавии камон баъди пробои аввал вобаста буда, одатан дар ҳудуди:

$$(0.5 - 4) U_\varphi \quad (11)$$

қарор мегирад.

Қиматҳои максималии изофашиддат (перенапряжения) дар ҳолате ба вучуд меоянд, ки хомӯшшавии камон ҳангоми гузариши ҷараёни озоди камон аз қимати сифр ба амал ояд. Ҳангоми зуд хомӯш шудани камон, иқтидорҳои фазаҳои осебнадида то шиддате пур мешаванд, ки аз шиддати фазавӣ зиёд аст, ва дар нейтрал шиддат пайдо мешавад.

Алангагирии такрорӣ камон дар лаҳзаи максималии шиддати фазаи осебнадида ба афзоиши зинавии шиддат (эскалатсияи шиддат) дар нейтрал ва ба пайдоиши изофашиддатҳо дар фазаҳои осебнадида оварда мерасонад.

Пайдоиши изофашиддатҳои камонӣ бештар дар ҳолати камонишуда (перемежающаяся дуга) ва ҳангоми ҷараёнҳои нисбатан хурди ОЗЗ, ки аз 10 А зиёд нестанд, эҳтимол дорад. Дар ин ҳолат, амплитудайи изофашиддат метавонад ба

$$3.5-3.8 U_\varphi \quad (12)$$

расад.

Бо зиёд шудани ҷараёни ОЗЗ, изофашиддатҳои камонӣ кам мешаванд. Ин ба он вобаста аст, ки камон хусусияти устувортар мегирад ва ҳангоми ҷараёнҳои калон тамоман **на** намешавад.

Ҳангоми ҷараёнҳои ОЗЗ:

- аз **10 то 20 А** — изофашиддатҳо аз $(3, U_{\varphi})$ зиёд намешаванд;

- аз 20 то 50 А — изофашиддатҳо аз $(2.7, U_{\varphi})$ зиёд намешаванд.

Ҷадвали 9 — Хусусиятҳои режими заминкунии резонансии нейтрал (нейтралӣ ҷуброншуда)

Ҷадвали 9 – Хусусиятҳои режими заминкунии резонансии нейтрал (нейтралӣ ҷуброншуда)

Афзалиятҳо	Камбудӣҳо
1. Имконияти кори шабака ҳангоми ОЗЗ то қабули тадбирҳо барои беавария хомӯш кардани элементҳои осебдида	1. Харочоти иловагӣ барои заминкунии нейтрал тавассути ДГР ва дастгоҳҳои танзими автоматӣ ҷуброн
2. Кам шудани ҷараёни дар нуқтаи осеб (ҳангоми танзими резонансии ДГР ҷараёни боқимонда танҳо ҷузъи фавол ва гармоникаҳои баландро дар бар мегирад)	2. Мушкилот дар ҳалли масъалаҳои муҳофизат ва сигнализатсияи интиҳобии ОЗЗ
3. Камшавии назаррасии суръати барқароршавии шиддат дар фазои осебдида баъди қатъ шудани камон	3. Эҳтимолияти пайдоиши ОЗЗ-и камонии қатъшуда, ки бо изофашиддатҳо дар фазаҳои осебдида то $2,5U_{i, max}$ ҳамаҷой мешавад
4. Эҳтимолияти баланди худхомӯшшавии камон ва баргарафшавии худкори қисми зиёди ОЗЗ (ҳангоми қиматҳои маҳдуди ҷараёни боқимонда)	4. Афзоиши эҳтимолияти пайдоиши ОЗЗ-и қатъшуда бо изофашиддатҳои максималӣ дар фазаҳои осебдида то $(2,6-3) U_{фаз}$ ҳангоми расстройкаи ҷуброн
5. Қариб нурра баргараф шудани имконияти пайдоиши ОЗЗ-и камонии қатъшуда (перемежающаяся дуга)	5. Имконияти пайдоиши пробҳои дуҷумдараҷа дар нуқтаҳои шабака бо изолятсияи сустшуда
6. Кам шудани сатҳи изофашиддатҳо дар фазаҳои осебдида нисбат ба нейтралӣ изолятсияшуда (то $\sim 2,5$ маротиба ҳангоми пробҳои аввал ё ОЗЗ-и қатъшуда)	6. Номукаммалии ҷуброн (бе дастгоҳҳои махсус) дар нуқтаи осеб – ҷузъи фавол ва гармоникаҳои баланд ҷуброн намешаванд
7. Беҳатарин таъсири дарозмуддати изофашиддатҳо дар режимҳои устувор ва гузариши ОЗЗ барои элементҳои бо изолятсияи муқаррарӣ	7. Афзоиши ҷараёни боқимонда дар нуқтаи осеб бо зиёд шудани ҷараёни умумии иқтидорнокӣ шабака
8. Баргараф шудани имконияти пайдоиши падидаҳои феррорезонанс дар шабака	8. Маҳдудиятҳои барои рушди шабака (бо назардошти банди 7)
9. Кам шудани таъсири ОЗЗ-и камонӣ ба ҳаҷми алоқа	

Реактори хомӯшкунандаи камон (ДГР) — дастгоҳест, ки барои хомӯш кардани камони заминпайвастанда ва маҳдуд намудани изофашиддатҳои ҳангоми алангагирии тақрорӣ камони заминӣ пешбинӣ шудааст.

Аз рӯи усули танзими ҷараёни ҷуброн, ДГР-ҳои муосир ба се навъ ҷудо мешаванд:

- бо иваз намудани шохаҳои (ответвленияҳои) печ;
- бо тағйир додани фосила (зазор) дар системаи магнитӣ;

- бо тағйир додани индуктивият тавассути подмагниткунонӣ бо ҷараёни доимӣ.

Адабиёт

1. Шкрабак В.С., Луковников А.В. Бехатарии ҳаёт дар истеҳсолоти кишоварзӣ. Москва: КолосС, 2004.
2. Р.Т. Абдуллозода, Б.Т. Абдуллоев
Асосҳои бехатарии электрикӣ: дастури методӣ барои машғулиятҳои озмоишӣ, Қисми 1. – ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, 2021. – 89 с.
3. АСОСҲОИ БЕХАТАРИИ ЭЛЕКТРИКӢ, Р.Т. Абдуллозода, н.и.т., дотсент Д.Д. Давлатшоев, н.и.т. Ш.С. Саъдуллозода, н.и.т. Ҷ.Б. Раҳимов, И.Т. Абдуллоев Сидоров, А.И., Окраинская, И.С., Глотова, Н.В. Асосҳои бехатарии электрикӣ: Тарҷума аз забони русӣ. – Душанбе: ҚДММ “Истиқлол-2019”, 2019. – 48 с.
4. Монахов А.Ф. Тадбирҳои бехатарии электрикӣ дар иншооти электрикӣ: Китоби дарсӣ барои курсҳои тақмили ихтисос ва барои истифода аз ҷониби донишҷӯёни ихтисоси муҳандисии электрикӣ дар донишгоҳҳо пешбинӣ шудааст. Нашр шудааст соли 2008. – 152 саҳифа.
5. А.А. Филатов. Оперативное обслуживание электрических подстанций. Москва, «Энергия», 1980г.
6. СТП 09110.20.187-09. Методические указания по заземлению нейтрали сети 6-35 кВ Белорусской энергосистемы через резистор.
7. Петров Г.М. К вопросу обеспечения электробезопасности в электрических сетях с различными режимами нейтрали. //В сборнике статей "Электрификация и энергосбережение". Отдельный выпуск Горного Информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – М.: Издательство "ГОРНАЯ КНИ- ГА". с. 384 – 391.
8. Безопасность жизнедеятельности. Ч. 3. Основы электробезопасности : курс лекций / В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, В.Г. Однолько и др. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. 80 с. – 100 экз. ISBN 978-5-8265-1128-2.