

COURSE: Electrical Safety for Electrical Engineers.

Week 16. Ground Fault Incidents

**Abdulloev
Bakhtiyor
Tolibjonovich**

**Institute of energy
of Tajikistan**

Курс: Бехатарии электрикӣ барои муҳандис барқчиён

**Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин
алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо
бо манбаҳои барқароршавандаи энергия.**

**Абдуллоев
Бахтиёр
Толибҷонович**

**Донишқадаи энергетикӣ
Тоҷикистон**

Нақшаи лексия

1. Муқаддима

- Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаҳои барқароршавандаи энергия
- Мафҳуми расиши занҷир ба замин
- Оқибатҳои расиш ба замин
- Расиш ба замин дар шабакаҳои МБЭ
- Бехатарии барқӣ дар шабакаҳои МБЭ

2. Хулосаи лексия

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия

Дар шароити муосир рушди босуръати манбаъҳои барқароршавандаи энергия (офтобӣ, бодӣ ва ғайра) сохтори анъанавии системаҳои энергетикиро тағйир медиҳад. Бо воридшавии МБЭ ба шабака, масъалаҳои бехатарии барқӣ, махсусан ҳангоми расиши занҷир ба замин, аҳамияти махсус пайдо мекунад.

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия

Дар шабакаҳои барқӣ (аз ҷумла бо манбаҳои барқароршавандаи энергия – СЭС, ВЭС ва ғ.) расиши кӯтоҳ (короткое замыкание) ба якчанд намудҳо ҷудо мешавад:

1. Аз рӯи шумораи фазаҳо

- Якфаза (1-фаза ба замин) – маъмултарин ҳолат
- Дуфаза (байни ду фаза)
- Дуфаза ба замин (2 фаза + замин)
- Сефаза (3-фаза) – вазнинтарин ҳолат, ҷараён хеле калон мешавад
- Сефаза ба замин

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия

2. Аз рӯи шумораи фазаҳои расида ба замин

- Бо замин (замыкание на землю) – масалан, фаза ба корпус ё хок мерасад
- Бе замин (байнифазавӣ) – танҳо байни ноқилҳои фаза

3. Аз рӯи характери ҷараён

- Металлии (сахт) – муқовимат қариб сифр
- Бо муқовимат (камонӣ / искровой) – тавассути камон (дуга), муқовимат мавҷуд аст

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаҳои барқароршавандаи энергия

4. Аз рӯи давомнокӣ

- Кӯтоҳмуддат – зуд бартараф мешавад (кор кардани муҳофизат)
- Дарозмуддат – хатарнок, метавонад таҷҳизотро сӯзонад

5. Хусусият барои системаҳои ВИЭ

Дар системаҳои дорои СЭС ва ВЭС хусусиятҳои иловагӣ вучуд доранд:

- Расиши кӯтоҳ аз ҷониби инверторҳо – ҷараён маҳдуд (одатан 1.1–1.5 маротиба аз номинал)
- Расиши кӯтоҳ дар тарафи DC (панелҳои офтобӣ) – ҷараён аз ҷуфтҳои PV
- Расиши кӯтоҳ дар шабакаи гибридӣ – манбаҳои гуногун (дизел + ВИЭ) якҷоя таъсир мерасонанд

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия

Бо афзоиши ҳиссаи манбаъҳои тақсимшуда дар шабакаҳои тақсимооти барқ, тарзи чараёнгири ва тавозуни қувва дар система тағйир меёбад. Ин ҳолат боиси пайдоиши режимҳои нави корӣ мегардад, ки дар онҳо параметрҳои шабака, аз ҷумла шиддат ва чараён, доимо тағйир меёбанд. Дар чунин шароит, муайян ва маҳдуд кардани ҳолатҳои садамавӣ, бахусус расиши занҷир ба замин, душвортар шуда, талаботи нав ба системаҳои муҳофизат ва автоматика ба миён меоянд.

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, беҳатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия

Илова бар ин, истифодаи васеи инверторҳо ва дастгоҳҳои электроникии қувва дар системаҳои МБЭ хусусияти ҷараёнҳои расиширо дигаргун месозад. Дар муқоиса бо манбаъҳои анъанавӣ, чунин системаҳо метавонанд ҷараёнҳои камтар, вале мураккабтар (бо таркиби гармоникӣ) тавлид намоянд. Ин ҳолат зарурати таҳияи усулҳои муосири ташхис, мониторинг ва идоракунии беҳатарии барқиро ба вуҷуд меорад, то ки фаъолияти устувор ва боэътимоди шабака таъмин карда шавад.

Садамаҳои вобаста ба расиш ба замин алоқаманд, бехатарии электрикӣ дар шабакаҳо бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия

Расиши ба замин яке аз навъҳои маъмултарини садама дар шабакаҳои барқӣ мебошад, ки метавонад ба:

- вайроншавии таҷҳизоти барқӣ ва кам шудани муҳлати хизмати онҳо;
- қатъшавии таъминоти барқ ва халалдор гардидани фаъолияти истеъмолкунандагон;
- ба вучуд омадани хавфи сӯхтор ва ҳолатҳои ғавқулода дар иншооти энергетикӣ;
- афзоиши талафоти энергетикӣ ва паст шудани самаранокии шабака;
- вайрон шудани режими кори муҳофизатҳои релей ва автоматика;

паст шудани сатҳи бехатарии умумии система ва зиёд шудани хатари осеб дидани инсон.

Расиши занҷир ба замин – ин ҳолатест, ки дар он яке аз ноқилҳои фаза мустақим ё ғайримустақим бо замин ё қисмҳои металли ба замин пайваस्तшуда тамос мекунад.

Дар чунин ҳолат байни ноқили фаза ва замин занҷири барқӣ баста шуда, чараёни расиш ба замин ба вуҷуд меояд. Қимати ин чараён аз хусусиятҳои шабака, режими нейтрал, муқовимати замин ва параметрҳои изолятсия вобаста мебошад. Дар шабакаҳои дорои нейтралӣ изолятсияшуда чараёни расиш одатан хурд аст, вале метавонад ба вайроншавии изолятсия ва пайдоиши шиддатҳои хатарнок нисбат ба замин оварда расонад.

Ғайр аз ин, ҳангоми Расиши занҷир ба замин тақсимооти шиддат дар фазоҳо тағйир меёбад: шиддати фазоӣ осебдида паст шуда, дар фазоҳои дигар метавонад то сатҳи баландтар афзоиш ёбад. Ин ҳолат ба изолятсияи таҷҳизот таъсири манфӣ расонида, эҳтимоли ба вуҷуд омадани садамаҳои такрорӣ ва осеби иловагиро зиёд мекунад. Аз ин рӯ, ошкорсозӣ ва бартараф намудани чунин ҳолатҳо яке аз вазифаҳои муҳими системаҳои муҳофизати барқӣ ба ҳисоб меравад.

Навъҳои асосии расишҳо ба замин:

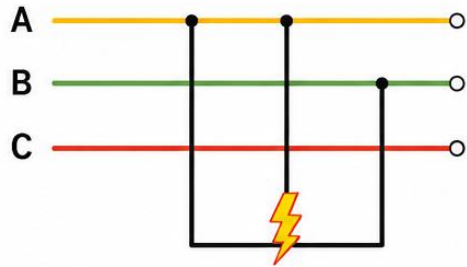
- Якфазавӣ ба замин (маъмултарин)
- Дуфазавӣ ба замин
- Се-фазавӣ ба замин (кам ба назар

мерасад, вале хатарноктарин)

Слайди дигар-

Мафҳуми расиши занҷир ба замин

1. РАСИШИ КУТОҶИ СЕФАЗА

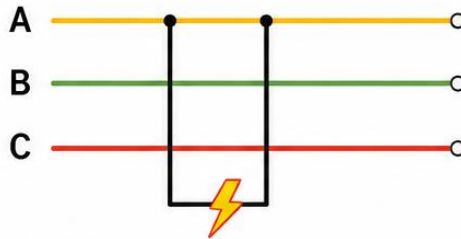


Дар ин ҳолат се фазаи система бо ҳам расиши кўтоҳ мекунанд.

- ✓ Шумораи ноқилҳои расиши кўтоҳ: 3
- ✓ Ҷараёни расиши кўтоҳ: максималӣ
- ✓ Ин ҳолат кам ба амал меояд, вале хеле хавфнок аст.

$$I_{к.сеф} = \text{максималӣ}$$

2. РАСИШИ КУТОҶИ ДУФАЗА

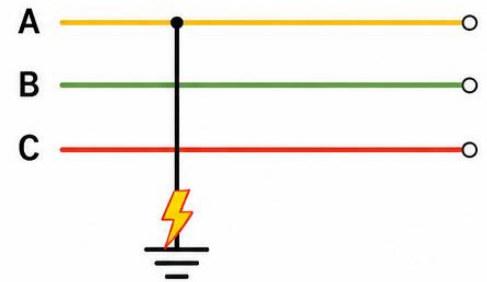


Дар ин ҳолат ду фазаи система бо ҳам расиши кўтоҳ мекунанд.

- ✓ Шумораи ноқилҳои расиши кўтоҳ: 2
- ✓ Ҷараёни расиши кўтоҳ: камтар аз сефаза
- ✓ Ин ҳолат назар ба сефаза бештар ба амал меояд.

$$I_{к.ду} = \text{камтар аз сефаза}$$

3. РАСИШИ КУТОҶИ ЯКФАЗА



Дар ин ҳолат як фаза ба замин ё ба ноқили нейтралӣ система расиши кўтоҳ мекунанд.

- ✓ Шумораи ноқилҳои расиши кўтоҳ: 1
- ✓ Ҷараёни расиши кўтоҳ: камтарин
- ✓ Ин ҳолат бештар ба амал меояд.

$$I_{к.як} = \text{камтарин}$$

Расми 1. Намудҳои расиши кўтоҳ дар шабакаҳои ЭЭ. Аз муаллиф: бо истифода аз зеҳни сунъӣ (AI) сохта шудааст.

Сабабҳои асосии ба вучуд омадани Расиши ба замин дар шабакаҳои барқӣ одатан ба вайроншавии изолятсия вобаста буда, метавонанд дар натиҷаи таъсири омилҳои муҳити зист, аз қабели намнокӣ, ҳарорати баланд, ифлосшавӣ ва пиршавии маводҳо ба амал оянд, инчунин осеби механикии ноқилҳо ва таҷҳизот, хатогҳои инсонӣ ҳангоми насб ва истифода, таъсири барқҳои барзиёд ва разрядҳои атмосферавӣ (раъду барқ) низ ба ин раванд мусоидат намуда, дар маҷмӯъ боиси ба вучуд омадани расиши занҷир ба замин мегарданд.

Садамаҳои расиш ба замин метавонанд бо омилҳои зерин ба вуҷуд оянд:

- фарсудашавии изолятсия;
- таъсири муҳити зист (намӣ, ҷанг, ҳарорат);
- осеби механикӣ (буридани кабел, афтидани сутун);
- хатогиҳои инсонӣ ҳангоми истифода ё таъмир;
- барқҳои барзиёд (перенапряжение);

таъсири барқҳои атмосфера (раъду барқ).

Расиши занҷир ба замин метавонад ба вайроншавии таҷҳизоти барқӣ, ба вучуд омадани камони барқӣ, зиёдшавии қараён ва гармшавии ноқилҳо, ҳалалдор шудани кори устувори шабака, қатъшавии таъминоти барқ, паст шудани сифати шиддат ва инчунин ба пайдоиши хавфи зарбаи барқӣ барои инсон оварда расонад, ки ин ҳама ба фаъолияти мӯътадили истеъмолкунандагон таъсири манфӣ мерасонад.

Илова бар ин, чунин ҳолат метавонад боиси афзоиши талафоти энергетикӣ, вайрон гардидани кори системаҳои муҳофизати релей ва автоматика, пайдоиши шиддатҳои изофӣ дар дигар фазаҳо, суръат гирифтани фарсудашавии изолятсия, зиёд шудани эҳтимоли садамаҳои такрорӣ гардида, дар ҳолатҳои вазнин метавонад ба сӯхтор, осеби ҷиддии таҷҳизот ва ҳатто қатъшавии васеи шабакаи барқӣ оварда расонад.

1. чараёни калон ва гармшавии ноқилҳо;
2. вайроншавии таҷҳизоти барқӣ;
3. ба вуҷуд омадани камонҳои барқӣ (электрическая дуга);
4. хатари зарбаи барқӣ барои инсон;

ноустувории кори тамоми система.

Оқибатҳои расии ба замин

Гармшавии ноқил – ин баланд шудани ҳарорати ноқил ҳаҷгоми гузаштани ҷараён тавассути он мебошад.

САБАБИ ГАРМШАВӢ

Ҳангоми гузаштани ҷараён тавассути ноқил, бар асари муқовимат қисми энергия ба гармӣ табдил меёбад.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Q – миқдори гармӣ (Ҷ)
 I – ҷараён (А)
 R – муқовимати ноқил (Ω)
 t – вақти гузаштани ҷараён (с)

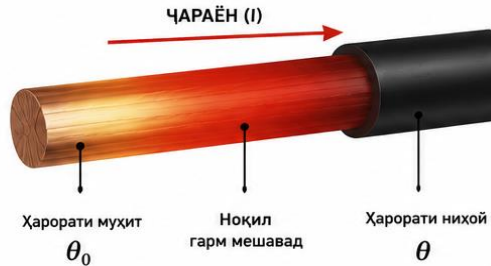
ФОРМУЛАИ ГАРМШАВӢ

Баландшавии ҳарорати ноқил аз рӯи формула муайян карда мешавад:

$$\theta = \theta_0 + \frac{I^2 \cdot R \cdot t}{C}$$

θ – ҳарорати ниҳии ноқил ($^{\circ}\text{C}$)
 θ_0 – ҳарорати муҳити атроф ($^{\circ}\text{C}$)
 I – ҷараён (А)
 R – муқовимати ноқил (Ω)
 t – вақт (с)
 C – иқтидори гармидихии ноқил (Ҷ/ $^{\circ}\text{C}$)

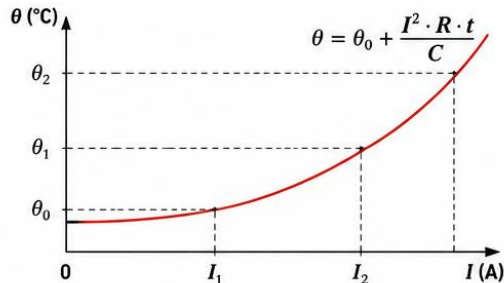
ГАРМШАВИИ НОҚИЛ ДАР АМАЛ



ОМИЛҲОИ АСОСИИ ГАРМШАВӢ

- Ҷараёни калон ($I \uparrow$) – гармшавӣ меафзояд.
- Муқовимати баланд ($R \uparrow$) – гармшавӣ меафзояд.
- Вақти дароз ($t \uparrow$) – гармшавӣ меафзояд.
- Муҳити атроф – агар гармӣ хорич нашавад, ҳарорат баланд мешавад.

Вобастагии ҳарорат аз ҷараён



ҲАРОРАТИ ИҶОЗАТДОДАИ НОҚИЛҲО

Навы ноқил	Ҳарорати иҷозатдода ($^{\circ}\text{C}$)
Ноқилҳои мисӣ бо изолятсияи ПВХ	70
Ноқилҳои алюминий бо изолятсияи ПВХ	60
Кабелҳо бо изолятсияи когазӣ	80
Кабелҳо бо изолятсияи резинӣ	65

ОҚИБАТҲОИ ГАРМШАВИИ АЗ ҲАДДИ ИҶОЗАТ

- Кам шудани мўҳлати хизматрасонии изолятсия.
- Хавфи сўхтор ё обшавии изолятсия.
- Баромадан аз кор ё вайроншавии ноқил.
- Зиёд шудани талафи энергия.

Расми 2. Оқибатҳои гармшавӣ дар ноқил. Аз муаллиф: бо истифода аз зеҳни сунъӣ (AI) сохта шудааст.

Оқибатҳои расиш ба замин

Вайроншавии таҷҳизоти барқӣ – ин ҳолатест, ки дар натиҷаи он таҷҳизот наметавонад вазифаи муқаррарии худро иҷро намояд ва метавонад боиси қатъшавии таъминоти барқ, осеби одамон ё сӯхтор гардад.

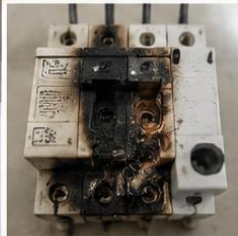
НАМОЁНШАВИИ АСОСИИ ВАЙРОНШАВӢ

1. ГАРМШАВИИ АЗ ҲАДДИ ИЧОЗАТ



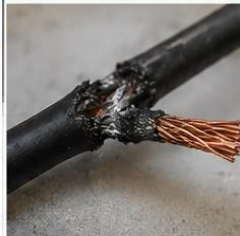
Дар натиҷаи борбардории зиёд ё тамоси суст гармшавӣ ба амал меояд.

2. ЗАНЧИРИ КҶУҲ



Дар натиҷаи расиши байни ноҳилҳо ё бо замин, ҷарёни калон ба ҳуҷд меояд.

3. ШИКАСТИ ИЗОЛЯТСИЯ



Фарсудашавӣ, намай ё гармӣ метавонад боиси вайроншавии изолятсия гардад.

4. ШИКАСТИ МЕХАНИКӢ



Зарба, ларзиш ё фишори механикӣ боиси вайроншавии қисмҳои таҷҳизот мегардад.

5. ОКСИДШАВӢ ВА ЗАНГЗАНИ



Намай ва муҳити агрессивӣ боиси занги металл ва сустшавии тамос мегардад.

6. ТАЛАФИ ДИЭЛЕКТРИКӢ



Дар натиҷаи ғайриизолятсия қобилияти диэлектрикӣ коҳиш меёбад.

ОҚИБАТҲОИ ВАЙРОНШАВӢ



Қатъшавии таъминоти барқ



Сӯхтор



Баромадан аз кори таҷҳизот



Зарари моддӣ



Хавфи зарбаи барқ ба одам



Коҳиш ёфтани эътимоднокӣ ва муҳлати хизмати таҷҳизот

ПЕШГИРИИ ВАЙРОНШАВӢ



Санҷиши мунтазам ва назорати ҳолати таҷҳизот



Риояи иқтисодии муҳтасабшуда ва борбардорӣ



Таъмири саривақтӣ ва иваз кардани қисмҳои фарсуда



Ҳифзи таҷҳизот аз намай, ҷангу губор ва таъсири муҳит



Риояи қоидаҳои бехатарии техникӣ ва дастурнамалҳо



Истифодаи таҷҳизоти сифатнок ва муҳофизати муосир

Расми 3. Вайроншавии таҷҳизоти барқӣ. Аз муаллиф: бо истифода аз зеҳни сунъӣ (AI) сохта шудааст.

Оқибатҳои расии ба замин

Камони барқӣ – разряди барқӣ дар байни ду ноқил ё электрод, ки дар натиҷаи шикастани занҷири барқӣ дар муҳити ҳаво ё газ ба зӯҳд меояд. Он бо ҳарорати баланд, нурҳои дурахшон ва садои хос хос мебошад.

БА ВУЧУД ОМАДАНИ КАМОНҲОИ БАРҚӢ

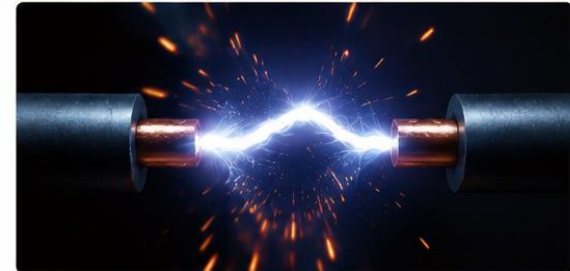
- 1 Шикастани занҷир ё дур шудани контактҳо.
- 2 Паст шудани масофаи байни ноқилҳо.
- 3 Интенсивии баланд шудани майдони барқӣ.
- 4 Ионизатсияи муҳити байни электродҳо.
- 5 Пайдо шудани разряди барқӣ – камон.



МАРҲАЛАҲОИ ПАЙДОИШИ КАМОН

- 1 Контактҳо пайваст ҳастанд
- 2 Контактҳо ҷудо мешаванд
- 3 Майдони барқӣ зиёд мешавад, ионизатсия ба амал меояд
- 4 Пайдо шудани разряди барқӣ
- 5 Камони барқӣ ба хӯҳд меояд

НАМОИШИ КАМОНҲОИ БАРҚӢ



ХУСУСИЯТҲО:

- Ҳарорати камон то 3000 – 6000 °C мерасад.
- Нурҳои ултрабунафш ва инфрасурх ҷудо мекуанд.
- Металҳоро об мекуанд ва бухор месозад.
- Сабаби асосии сӯхтор ва вайроншавии таҷҳизот мегардад.

САБАБҲОИ БА ВУЧУД ОМАДАНИ КАМОНҲОИ БАРҚӢ



Суштавии пайвастҳо



Осеб дидани изолятсия



Хомбӯш/фурузон кардани зери бор



Расиши кӯтоҳ



Чанг, намӣ ва ифлосшавӣ



Кории нодурусти таҷҳизот

ОҚИБАТҲОИ КАМОНҲОИ БАРҚӢ



Сӯхтор



Вайроншавии таҷҳизот



Зарари ҷисмонӣ ба одамон



Қаъшавии таъминоти барқ

ПЕШГИРИИ КАМОНҲОИ БАРҚӢ



Мустаҳкам кардани пайвастҳо



Истифодаи изолятсияи сифатнок



Истифодаи автоматҳои ҳимоявӣ ва релеҳо



Ба замин пайваст кардан



Санҷиши мунтазами таҷҳизот



Риояи қоидаҳои бехатарии электрикӣ

Расми 4. Бавуҷуд омадани камонҳои барқӣ. Аз муаллиф: бо истифода аз зеҳни сунъӣ (AI) сохта шудааст.

Оқибатҳои расии ба замин

Зарбаи барқӣ – таъсири ҷараёни барқ ба организми инсон. Он метавонад боиси осеби ҷиддӣ, гум шудани хуш ё ҳатто марг гардад.

ҶИ ТАВР ЗАРБАИ БАРҚӢ БА ВУҶУД МЕОЯД?

Вақте ки ҷараёни барқ аз бадани инсон мегузарад.



Роҳҳои асосии зарбаи барқӣ:

- Дастрасӣ ба қисмҳои эри шиддати дастгоҳҳои барқӣ.
- Дастрасӣ ба ноқилҳои бораҳна ё вайроншуда.
- Шиказтани изолятсия.
- Тамоси бо дастгоҳҳои нодруусти ба замин пайвастшуда.

ТАЪСИРИ ҶАРАЁН ВА ОРГАНИЗМИ ИНСОН

Ҷараён (I), mA		Таъсир ба инсон
0,5 – 1 mA		Одатан эҳсос намешавад.
1 – 10 mA		Эҳсоси ларзиш, қарахтшавӣ.
10 – 30 mA		Дарди шадид, қашиши мушакҳо, душвории нафаскашӣ.
30 – 100 mA		Халал дар кори дил, гум шудани хуш.
> 100 mA		Истодани кори дил ва нафаскашӣ. ҲАТАРИ МАРГ!

ОМИЛҲОИ АФЗОИШИ ҲАТАР

- Шиддати баланд (U) – ҳатари зиёдтар.
- Намӣ ва тарӣ – гузаронандаиро зиёд мекунад.
- Муқовимати пасти бадан – ҳатари зиёдтар.
- Вақти дарозтар таъсир қардан – ҳатари зиёдтар.
- Ҷараёни тағйирёбанда (AC) – ҳатари зиёдтар. нисбат ба DC.

РОҲҲОИ ГУЗАРИШИ ҶАРАЁН ДАР БАДАН



- Даст – даст (ҳатари зиёд)
- Даст – пой (ҳатари зиёд)
- Сина – пой (ҳатари хеле зиёд)
- Сарӣ – пой (ҳатари фавқулода)

АЛОМАТҲОИ ЗАРБАИ БАРҚӢ



- Қоҳиши ё гум шудани хуш
- Душвории нафаскашӣ ё набудани нафас
- Халал дар кори дил ё бекор шудани он
- Қашиши мушакҳо
- Сӯхтагии пӯст

ҚУМАКИ АВВАЛИН

- Қувваи барқро хомӯш кунед ё аз манбаъ ҷудо намоед.
- Пострадаро аз манбаи барқ бо аҷёи изолятсионӣ дур кунед.
- Ёри таъҷилии тиббиро даъват намоед (тел: 112).
- Агар нафас ё набзи дил набошад, реаниматсияро оғоз намоед.

ҶОРАҲОИ ПЕШГИРӢ



Истифодаи дастгоҳҳо ва ноқилҳои солим.



Пайвастӣ боъътимод ба замин (занҷири муҳофизатӣ).



Истифодаи таҷқизоти муҳофизатӣ.



Риояи қоидаҳои бехатарии барқӣ.



Омузиш ва огоҳӣ оид ба бехатарӣ.



**БАРҚ – ДҶӢСТИ ФӢИДАНОҚ,
АММО ДУШМАНИ ҲАТАРНОҚ!**

Расми 5. Ҳатари зарбаи барқ барои инсон. Аз муаллиф: бо истифода аз зеҳни сунъӣ (AI) сохта шудааст.

Хусусиятҳои шабакаҳо бо манбаҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ)

Шабакаҳои барқие, ки дорои манбаҳои барқароршавандаи энергия (офтобӣ, бодӣ ва ғайра) мебошанд, аз шабакаҳои анъанавӣ бо як қатор хусусиятҳои техникӣ ва режими корӣ фарқ мекунанд. Ин хусусиятҳо ба таҳлили режимҳо, таъмини устуворӣ ва бехатарии барқӣ таъсири ҷиддӣ мерасонанд.

Яке аз хусусиятҳои асосӣ ин тақсимшуда будани манбаъҳои тағлид мебошад. Дар шабакаҳои анъанавӣ нерӯи барқ аз нерӯгоҳҳои калон ба истеъмолкунандагон интиқол дода мешавад, аммо дар шабакаҳои МБЭ манбаъҳо дар нуқтаҳои гуногун (масалан, нерӯгоҳҳои офтобии хурд ё турбинаҳои бодӣ) ҷойгир шудаанд. Ин ҳолат чараёни қувваро дучониба гардонида, ҳисобу идоракунии шабакаро мураккаб месозад.

Хусусияти муҳими дигар тағйирёбии номуназзами истеҳсоли энергия мебошад. Манбаъҳои офтобӣ ва бодӣ аз шароити обу ҳаво вобаста буда, истеҳсоли онҳо доимӣ нест.

Ин боиси тағйирёбии шиддат ва басомад дар шабака мегардад ва талаб мекунад, ки системаҳои танзим ва захира (накопитель) истифода шаванд. Дар чунин шабакаҳо истифодаи васеи инверторҳо ва электроникаи қувва ба назар мерасад. Манбаъҳои МБЭ, махсусан нерӯгоҳҳои офтобӣ, тавассути инверторҳо ба шабака пайваст мешаванд. Инверторҳо на танҳо табдилдиҳандаи чараён мебошанд, балки дар идоракунии режимҳои корӣ низ иштирок мекунанд. Аммо онҳо чараёнҳои кӯтоҳмуддати камтар медиҳанд, ки метавонад кори муҳофизатҳои анъанавиро душвор гардонад.

Ҳамчунин, барои шабакаҳои МБЭ паст будани сатҳи
ҷараёнҳои кӯтоҳмуддат хос аст. Дар муқоиса бо генераторҳои
анъанавӣ, манбаъҳои инверторӣ қувваи кӯтоҳмуддати маҳдуд
доранд. Ин ҳолат муайян кардани садамаҳо, аз ҷумла расиш
ба заминро мушкил мегардонад ва зарурати истифодаи
усулҳои нави муҳофизатро ба миён меорад. Хусусияти дигар
набудани нейтралӣ саҳт заминшуда дар баъзе системаҳо
мебошад.

Дар шабакаҳои дорои МБЭ метавон режимҳои гуногуни нейтрал истифода шаванд (изолятсияшуда, тавассути реактор ва ғайра), ки ин ба рафтори ҷараёни расиш ба замин таъсир мерасонад. Илова бар ин, чунин шабакаҳо бо **хузури гармоникаҳо ва таҳрифоти сигнал** тавсиф мешаванд. Инверторҳо метавонанд гармоникаҳо тавлид кунанд, ки ба сифати нерӯи барқ ва кори таҷҳизоти ҳассос таъсир мерасонанд.

Ҳамчунин, шабакаҳои МБЭ аксаран бо системаҳои интеллектуалии идоракунӣ (Smart Grid) мучаҳҳаз мебошанд. Ин системаҳо имкон медиҳанд, ки мониторинг, пешгӯӣ ва идоракунӣ режимҳои шабака дар вақти воқеӣ амалӣ карда шавад, ки барои баланд бардоштани самаранокӣ ва беҳатарӣ аҳамияти калон дорад.

Шабакаҳои, ки дорой манбаҳои барқароршавандаи энергия мебошанд, хусусиятҳои хоси зерин доранд:

- манбаҳои тақсимшуда (distributed generation);
- тағйирёбии шиддат ва қувва;
- вобастагӣ аз шароити обу ҳаво;
- истифодаи инверторҳо;
- набудани нейтралӣ саҳт заминшуда дар

баъзе ҳолатҳо.

Илова бар ин, чунин шабакаҳо бо чараёнҳои кӯтоҳмуддати маҳдуд, ҳаракати дуҷонибаи қувва, ва тағйирёбии зуд-зуди режимҳои корӣ тавсиф мешаванд, ки ба устувории система таъсир мерасонанд. Ҳузури дастгоҳҳои электрони қувва метавонад боиси пайдоиши гармоникаҳо ва таҳрифоти шакли сигнал гардад, ки ба сифати нерӯи барқ таъсири манфӣ мерасонад.

Инчунин, дар чунин системаҳо ҳамроҳангсозии муҳофизатҳои релей ва автоматика мушкилтар мегардад, зеро параметрҳои шабака доим тағйир меёбанд ва чараҳои садамавӣ метавонанд аз меъёрҳои анъанавӣ фарқ кунанд. Аз ин рӯ, истифодаи усулҳои муосири таҳлил, моделсозӣ ва технологияҳои рақамӣ барои муайян ва пешгирии ҳолатҳои садамавӣ аҳамияти калон пайдо мекунад.

Дар маҷмӯъ, ҳамаи ин хусусиятҳо таҳлили садамаҳоро мураккаб гардонид, талаб мекунанд, ки ба масъалаҳои беҳатарии барқӣ, ташхис ва идоракунии шабакаҳои дорой МБЭ бо равишҳои нав ва технологияҳои пешрафта муносибат карда шавад.

Расиши занҷир ба замин дар шабакаҳои дорои манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ) дорои як қатор хусусиятҳои фарқкунанда мебошад, ки аз сохтор ва принсипи кори чунин системаҳо бармеоянд. Баръакси шабакаҳои анъанавӣ, ки дар онҳо манбаъҳои синхронӣ (генераторҳо) истифода мешаванд, дар шабакаҳои МБЭ қисми зиёди энергия тавассути инверторҳо ба шабака ворид мегардад. Ин ҳолат ба хусусияти ҷараёнҳои расиш таъсири мустақим мерасонад.

Яке аз хусусиятҳои асосӣ паст будани қимати ҷараёни расиш ба замин мебошад. Инверторҳо қобилияти маҳдуди додани ҷараёни изофиро доранд, бинобар ин дар ҳолати расиш ҷараён нисбатан хурд аст. Ин ҳолат, аз як тараф, хавфи зарари шадиди таҷҳизотро кам мекунад, вале аз тарафи дигар, ошкор намудани расишро душвор мегардонад, зеро муҳофизатҳои анъанавӣ метавонанд чунин ҷараёнҳои хурдро ба қайд нагиранд. Хусусияти дигар ин мураккаб будани муайян кардани ҷойи расиш мебошад.

Аз сабаби мавҷудияти манбаҳои тақсимшуда ва ҷараёни дучонибаи қувва, муайян кардани нуқтаи дақиқи садама мушкил мегардад. Ин махсусан дар шабакаҳои тақсимоти дорой шумораи зиёди нерӯгоҳҳои офтобӣ ё бодӣ мушоҳида мешавад. Дар шабакаҳои МБЭ инчунин тағйирёбии параметрҳои расиш ба назар мерасад. Ҷараён ва шиддати расиш метавонанд вобаста ба ҳолати кори инверторҳо, бор ва шароити муҳити зист тағйир ёбанд. Илова бар ин, ҳузури гармоникаҳо ва сигналҳои ғайрсинусоидӣ метавонад таҳлили равандҳои садамавиरो мураккаб гардонад.

Ҳангоми расиши якфазавӣ ба замин, дар баъзе ҳолатҳо шабака метавонад ба кори худ идома диҳад, махсусан агар нейтрал изолятсияшуда бошад. Аммо дар ин ҳолат шиддати дигар фазаҳо нисбат ба замин зиёд шуда, ба изолятсия таъсири манфӣ мерасонад ва метавонад боиси расиши такрорӣ гардад. Ҳамчунин, бояд қайд кард, ки алгоритмҳои идоракунии инверторҳо дар ҳолати расиш нақши муҳим мебозанд. Баъзе инверторҳо метавонанд ҳангоми ошкор шудани расиш фавран аз шабака ҷудо шаванд, дар ҳоле ки дигарҳо кӯшиш мекунанд кори худро нигоҳ доранд.

Ин рафтор ба устуворӣ ва беҳатарии умумии система таъсир мерасонад.

Дар шабакаҳои бо МБЭ, расиш ба замин дорои хусусиятҳои зерин аст:

- чараёни расиши камтар (махсусан дар системаҳои инверторӣ);
- душвории муайян кардани нуқтаи садама;
- эҳтимоли кори дарозмуддати шабака бо Расиши якфазавӣ;
- таъсири алгоритмҳои идоракунии инверторҳо.

Бехатарии барқӣ дар шабакаҳои дорои манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ) яке аз самтҳои муҳими фаъолияти системаҳои энергетикӣ ба ҳисоб меравад, зеро воридшавии манбаъҳои тақсимшуда ва технологияҳои нав тарзи кори шабакаро тағйир дода, хавфҳои навро ба миён меорад. Таъмини бехатарӣ дар чунин шабакаҳо на танҳо ҳифзи таҷҳизот, балки ҳимояи ҳаёт ва саломатии инсонро низ дар бар мегирад. Яке аз чораҳои асосӣ замингузори муҳофизатӣ мебошад, ки барои паст кардани шиддати хатарнок дар корпуси таҷҳизот истифода мешавад.

Дар ҳолати расиш ба замин, замингузории дуруст имкон медиҳад, ки чараёни хатарнок ба замин равона гардида, хатари зарбаи барқӣ коҳиш ёбад. Дар шабакаҳои МБЭ, ки дорои таҷҳизоти электронӣ мебошанд, сифати замингузорӣ аҳамияти боз ҳам бештар дорад.

Ҳамчунин, интихоби дурусти режими нейтрал (изолятсияшуда, тавассути реактор ё мустақим заминшуда) ба сатҳи бехатарӣ таъсири калон мерасонад. Ҳар як режим афзалият ва маҳдудиятҳои худро дорад ва вобаста ба сохтори шабака ва шароити истифода интихоб карда мешавад.

Нақши муҳимро муҳофизатҳои релей ва автоматика мебозанд. Дар шабакаҳои МБЭ истифодаи муҳофизатҳои анъанавӣ на ҳамеша самаранок аст, бинобар ин зарурати татбиқи усулҳои муосир, аз ҷумла муҳофизатҳои рақамӣ, дифференциалӣ ва ҳассос ба ҷараёнҳои хурд ба миён меояд. Ин системаҳо бояд қодир бошанд, ки ҳатто расишҳои сустро сари вақт муайян ва шабакаро аз ҳолати хатарнок ҷудо намоянд.

Илова бар ин, истифодаи дастгоҳҳои ҲИМОЯВӢ, аз қабели автоматҳо, дастгоҳҳои хомӯшкунии муҳофизатӣ (УЗО) ва системаҳои муҳофизат аз барзиёдшиддат, барои пешгирии садамаҳо ва кам кардани оқибатҳои онҳо аҳамияти калон дорад. Дар шабакаҳои дорои МБЭ, ки тағйирёбии шиддат бештар аст, чунин дастгоҳҳо нақши калидӣ мебозанд.

Дар чунин системаҳо инчунин системаҳои мониторинг ва идоракунии интеллектуалӣ (Smart Grid) истифода мешаванд, ки имкон медиҳанд ҳолати шабака дар вақти воқеӣ назорат карда шавад.

Бо ёрии сенсорҳо ва технологияҳои рақамӣ мумкин аст пеш аз ба вуҷуд омадани ҳолатҳои хатарнок онҳоро пешгӯӣ ва пешгирӣ кард. Ниҳоят, омили инсонӣ низ аҳамияти калон дорад. Барои таъмини бехатарии барқӣ зарур аст, ки кормандон дониши кофӣ дошта, қоидаҳои техникаи бехатариро риоя намоянд, инчунин мунтазам омӯзиш ва санҷиш гузаронанд.

Барои таъмини бехатарии барқӣ чораҳои зерин андешида мешаванд:

➤ **Заминвасли муҳофизатӣ**

Заминвасли муҳофизатӣ аз пайвасти намудани корпуси металли таҷҳизоти барқӣ ба замин иборат буда, барои паст кардани шиддати хатарнок дар ҳолатҳои расиш ва пешгирии зарбаи барқӣ ба инсон хизмат мекунад.

➤ **Нейтрали заминваслшуда**

Истифодаи речаҳои гуногуни нейтрал вобаста ба хусусиятҳои шабака ва талаботи бехатарӣ амалӣ карда мешавад:

- нейтралӣ изолятсияшуда;
- нейтралӣ тавассути реактор (компенсатсионӣ) заминваслшуда;
- нейтралӣ мустақим заминваслшуда.

Интихоби дурусти речаи нейтрал ба коҳиш додани ҷараёни расиш ва баланд бардоштани эътимоднокии кори шабака мусоидат менамояд.

➤ **Муҳофизатҳои релей**

Муҳофизатҳои релей барои сари вақт ошкор ва автоматӣ хомӯш намудани ҳолатҳои садамавӣ пешбинӣ шудаанд. Ба онҳо дохил мешаванд:

- муҳофизати чараёни расиш ба замин;
- муҳофизати дифференциалӣ;
- релеи ҳассос ба ихроҷи чараён.

Ин системаҳо бояд ҳатто расишҳои хурдро боэътимод муайян намоянд.

Истифодаи дастгоҳҳои ҷимоявӣ

Барои ҳифзи таҷҳизот ва инсон аз таъсири ҳолатҳои садамавӣ
дастгоҳҳои зерин истифода мешаванд:

- автоматҳои барқӣ;
- дастгоҳи хомӯшкунии муҳофизатӣ (УЗО);
- дастгоҳҳои муҳофизат аз барзиёдшиддат.

Омили инсонӣ яке аз сабабҳои асосии ба вучуд омадани садамаҳо дар системаҳои барқӣ ба ҳисоб меравад. Хатогиҳои операторӣ, беэҳтиётӣ, норасоии дониш ва риоя накардани талаботи меъёрӣ метавонанд ба ҳолатҳои хатарнок оварда расонанд. Аз ин рӯ, баланд бардоштани сатҳи фарҳанги техникӣ кормандон ва масъулияти онҳо дар таъмин намудани бехатарӣ аҳамияти махсус дорад.

Барои кам кардани хавфҳо зарур аст:

Слайди дигар-

- риояи қатъии қоидаҳои техникаи бехатарӣ ва дастурамалҳои корӣ;
- омӯзиши доимӣ ва такмили ихтисоси кормандон, аз ҷумла гузаронидани тренингҳо ва машқҳои амалӣ;
- истифодаи ҳатмии воситаҳои муҳофизати инфиродӣ ва коллективӣ (дастпӯшакҳои диэлектрикӣ, пойафзоли махсус, кулоҳ ва ғайра);
- назорати мунтазами техникий ҳолати таҷҳизот ва бартарафсозии саривақтии нуқсонҳо;
- баланд бардоштани интизоми меҳнат ва масъулияти шахсӣ ҳангоми иҷрои корҳои барқӣ.

Пешгирии садамаҳо дар шабакаҳои барқӣ, махсусан дар системаҳои дорой МБЭ, маҷмӯи чораҳои техникӣ, ташкиливӣ ва идоракуниро дар бар мегирад. Истифодаи усулҳои муосир ва технологияҳои пешрафта имкон медиҳад, ки хавфҳо ба ҳадди ақал расонида шаванд ва фаъолияти устувори шабака таъмин гардад.

Ба чораҳои асосии пешгирии садамаҳо дохил мешаванд:

- санҷиши мунтазами ҳолати изолятсия ва таҷҳиси техникий таҷҳизот;
- мониторинги доимии параметрҳои шабака (шиддат, ҷараён, басомад);
- истифодаи системаҳои интеллектуалӣ ва технологияҳои сунъии зеҳнӣ (AI) барои пешгӯии ҳолатҳои садамавӣ;
- насби системаҳои ҳушдордиҳӣ ва сигнализатсия барои ошкорсозии барвақти нуқсонҳо;
- нигоҳдории дуруст ва саривақтии таҷҳизот, аз ҷумла таъмири профилактикӣ;
- татбиқи системаҳои автоматии муҳофизат ва идоракунӣ;
- таҳияи нақшаҳои ғавқулода ва омодагии кормандон барои амал дар ҳолатҳои садамавӣ.

Расиш ба замин яке аз масъалаҳои муҳими системаи энергетикӣ мебошад, махсусан дар шабакаҳои дорои манбаъҳои барқароршавандаи энергия. Бо дарназардошти хусусиятҳои махсуси чунин шабакаҳо, истифодаи усулҳои муосири муҳофизат ва идоракунии барои таъмини беҳатарии барқӣ зарур мебошад.

Дар шароити афзоиши ҳиссаи манбаъҳои тақсимшуда, тағйирёбии речаҳои корӣ ва истифодаи васеи электроникаи қувва, масъалаҳои ошкорсозӣ ва бартарафсозии расиш ба замин мураккабтар мегарданд. Аз ин рӯ, татбиқи технологияҳои рақамӣ, системаҳои интеллектуалии мониторинг ва усулҳои пешрафтаи муҳофизати релей барои баланд бардоштани эътимоднокии ва устувории шабака аҳамияти калон дорад.

Адабиёт

1. Шкрабак, В. С., и А. В. Луковников. *Бехатарии ҳаёт дар истеҳсолоти кишоварзӣ*. Москва: КолосС, 2004.
2. Абдуллозода, Р. Т., и Б. Т. Абдуллоев. *Асосҳои бехатарии электрикӣ: дастури методӣ барои машғулиятҳои озмоишӣ. Қисми 1*. Душанбе: ДТТ ба номи академик М. С. Осимӣ, 2021.
3. Абдуллозода, Р. Т., Д. Д. Давлатшоев, Ш. С. Саъдуллозода, Ҷ. Б. Раҳимов, И. Т. Абдуллоев, А. И. Сидоров, И. С. Окраинская, и Н. В. Глотова. *Асосҳои бехатарии электрикӣ: тарҷума аз забони русӣ*. Душанбе: ҶДММ «Истиқлол-2019», 2019.
4. Овчаренко, А. Г., и С. Л. Раско. *Бехатарии барқ ҳангоми истифодаи иншооти электрикӣ: дастури таълимӣ*. Бийск: Алтайский государственный технический университет (БТИ), 2008.
5. Монахов, А. Ф. *Тадбирҳои бехатарии электрикӣ дар иншооти электрикӣ: китоби дарсӣ барои курсҳои тақмили ихтисос ва донишҷӯёни ихтисоси муҳандисии электрикӣ*. 2008.



ТАШАККУР!