

Лекция 1:

Анализ на електротравматизма. Видове електрозлополуки. Първа помощ. Критерий за електробезопасност. Класификация на помещения и уредби. Степени и класове на защита на електротехнически изделия.

Електротравматизъм – съвкупност от възникващи и повтарящи се събития (електрозлополуки)

Електрозлополука – регистриране на електротравма, в резултат на случайно протичане на ел.ток през тялото на човек

Електротравма – нарушаване на нормалното състояние на човешкия организъм в следствие на протичане на ток през човешкото тяло.

Основни причини:

- Директно допиране до тоководещи части под напрежение (еднофазно или двуфазно)
- Индиректно допиране – най-честата причина за електропоражение. При допир до проводими нетоководещи части, попаднали под напрежение

Други причини:

- Атмосферно електричество (мълнии)
- Електрическа дъга
- Преминаване на по-високо напрежение в мрежи с по-ниско напрежение
- Протичане на ток в земята
- Статично електричество

Видове електрозлополуки:

- Ел удар – четири степени
- Ел шок
- Ел изгаряния – четири степени
- Други – ел.белези, увреждания на очите, механични увреждания

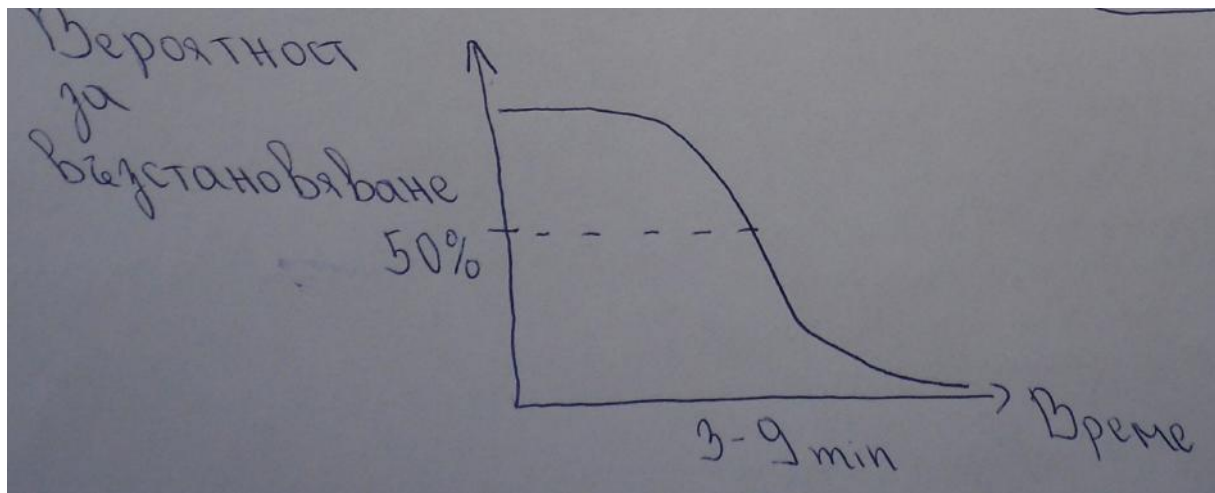
Ел.Въздействие може да бъде:

- Пряко – биологично, физично
- Непряко – топлинно, електролитно, механично

Ел.удар – нарушаване на работата на важни системи и органи в организма.

Тежестта на ел.удара се определя според последиците. Има 4 степени:

Степен	Медицински Симптоми	Дихателна система	Сърдечно съдова система	Съзнание / безсъзнание
1	Леки конвулсии	Да	Да	съзнание
2	Средни конвулсии	Нарушено дишане	Нарушено кръвообръщение	Безсъзнание
3	Тежки конвулсии	Силно затруднено дишане	Силно нарушено кръвообращение	Безсъзнание
4	-	-	-	Клинична смърт



Ел.ток – тежка реакция на организма. Отслабване на дишането, разстройство на сърдечната дейност, намаляване на кръвното налягане, може да доведе до смърт.

Ел.Изгаряния:

1 степен – зачервяване на кожата

2 степен – образуване на мехури

3 степен – изгаряне на всички слоеве на кожата

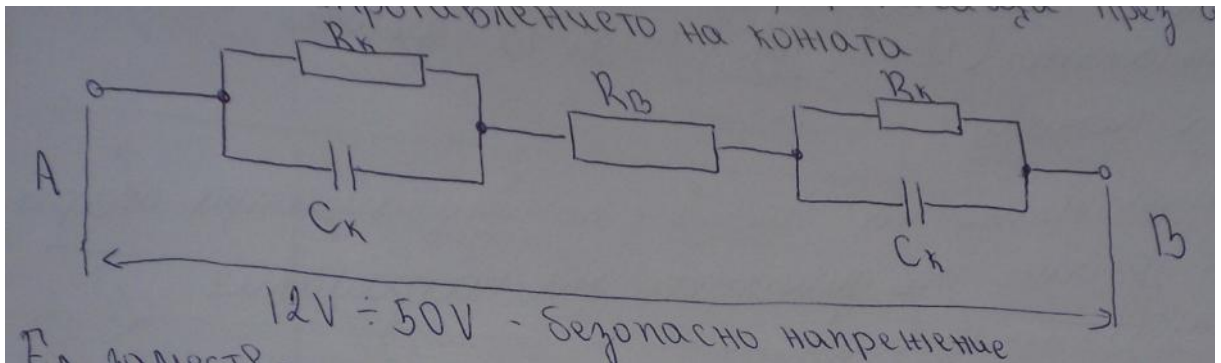
4 степен – овъгляване на тъканите

Първа помощ:

1. Прекратяване на ток I –комуникационна апаратура
2. Осигуряване на дишането на пострадалия
3. Изкуствено дишане
4. Пулс и зеници на очите – ако зеницата се свива бавно, то кръвообръщението е нарушено. Ако не реагира на светлината, то е спряло

Фактори, от които зависи електропоражението:

1. Големина на тока през човека:
 - Праг на усещане – 0,5 – 1,5 mA (за постоянен ток 3-4 mA)
 - Адекватна реакция (отпускащ ток) – 5-10 mA – човек се отделя самостоятелно от мястото на допиране
 - Неотпускащ ток – 10 – 100 mA – човек не реагира адекватно и не прекъсва самостоятелно веригата.
 - Несъгласувано/хаотично движение на сърцето (фибрилационен ток) 100-5000 mA – нарушава се кръвообръщението, затруднено дишане
 - Блокиращ ток – над 5000 mA - прекратява се работата на сърцето
2. Продължителност на действието на тока – при по-продължително действие на тока се получават по-тежки поражения.
3. Импеданс на човешкото тяло – специфично съпротивление на различните части на тялото е различно. Чистата, здрава и суха кожа има по-голямо съпротивление. С нарастване на съпротивлението над 50V съпротивлението намалява.
4. Големина на приложеното напрежение – от него зависи големината на тока, протичаща през човека както и съпротивлението на кожата.



Ел.заместваща схема на човешкото тяло.

При напрежение над 1kV възниква ел.дъга. Може да настъпи ел.удар. Над 20kV смъртта настъпва от изгаряне.

5. Други фактори:

- Честота и форма на кривата на тока 0-50 Hz – опасно
- Физиологични фактори – мъж/жена, заболявания, алкохол
- Условия на работната среда – температура, влажност, замърсяване
- Път на тока през човека

Критерии за безопасност:

1. Допустим ток
2. Допустимо допирно напрежение – за Европа е прието 50V за уреди с напрежение до 1000V

Класификация на помещения и уредби:

- ПБПО – помещения без повишена опасност за поражение от ел.ток
- ПСПО – помещение с повишена опасност за поражения от ел.ток
 - Помещения с висока влажност $\phi > 75\%$
 - Топли помещения $t > 35\text{ C}$
 - Помещения с проводим ток
 - Помещения с неправилно разположение
- ПСОО – помещения с особена опасност за поражение от ел.ток
 - Мокри помещения
 - С агресивна химическа и органична среда – в които има агресивни пари, газове, течности и т.н.
 - Тесни помещения с проводими стени и под
 - При наличие на два или повече условия от пспо

Лекция 2. Явления при протичане на ел.ток в земята. Крачно напрежение. Допирно напрежение.

1. Протичане на ток в земята се получава при контакт между тоководещата част под напрежение и земя, при контакт между тоководеща част, нетоководеща част и заземена проводима част и при ток от мълнии.

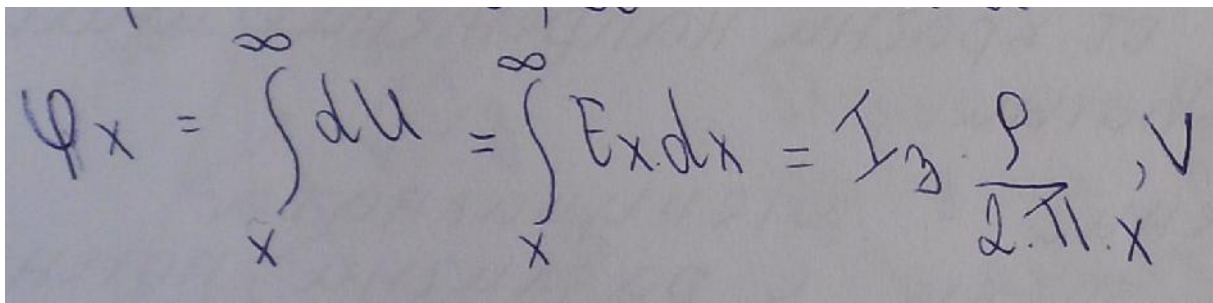
Напрежението на тоководещата част, от която протича ток в земята намалява. Създава се електрическо поле около точката, в която протича

ток в земята. Полето е стационарно, т.е. плътността на тока \vec{j} и

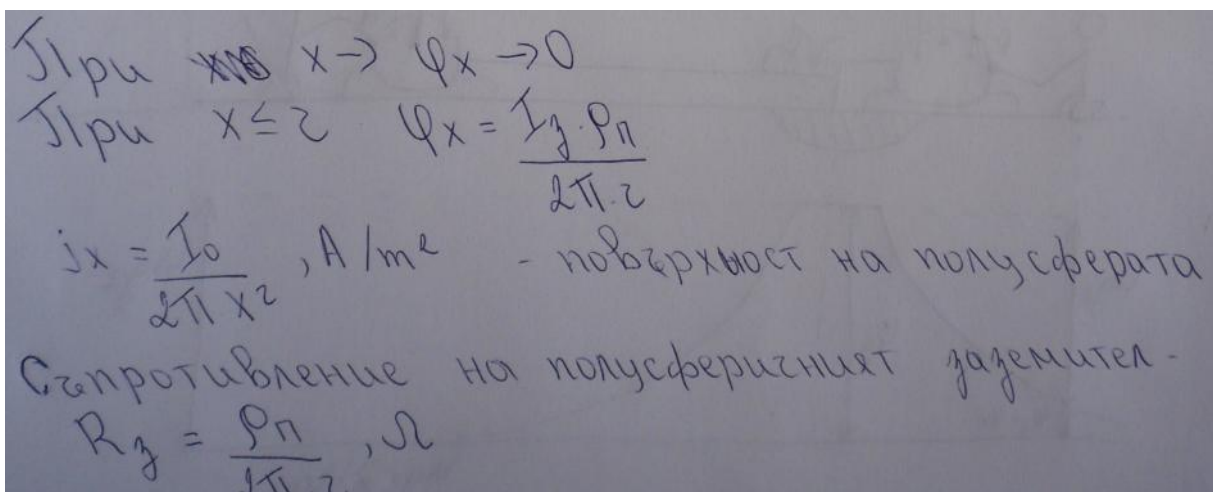
интензитета на полето \vec{E} могат да се разглеждат като величини, изразени чрез $E=j \cdot \rho_n$, където ρ_n е съпротивление на средата.

Приема се, че токът I_z протича през полусфера (метална) с радиус r , положена на нивото на земята.

Приема се, че почвата е еднородна.


$$\varphi_x = \int_x^\infty dU = \int_x^\infty E_x dx = I_z \cdot \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot x}, V$$

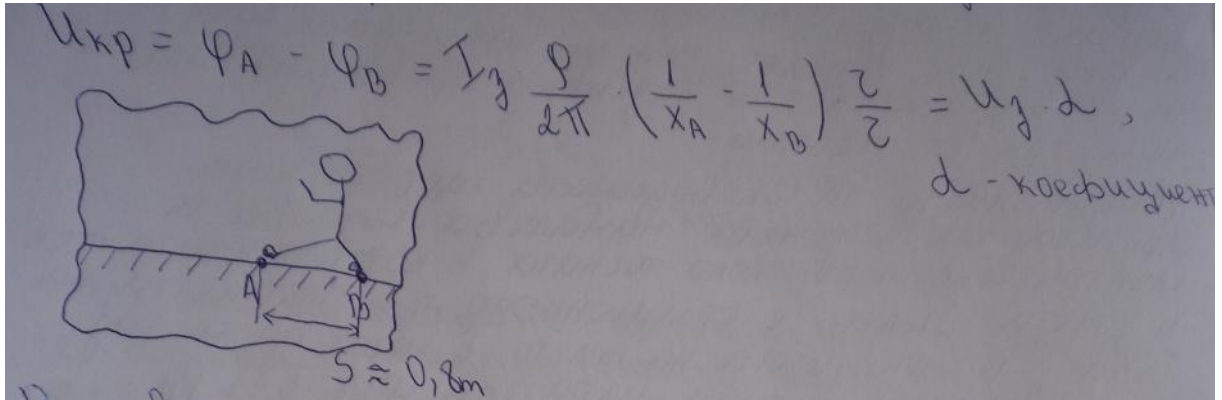
Където E_x е интензитета на полето, а x е разстоянието (потенциал на електрическото поле около полусферичен заземител)



\int при $x \rightarrow \infty$ $\varphi_x \rightarrow 0$
 \int при $x \leq z$ $\varphi_x = \frac{I_z \cdot \rho_n}{2 \pi \cdot z}$
 $j_x = \frac{I_0}{2 \pi x^2}$, A/m² - повърхност на полусферата
Съпротивление на полусферичният заземител -
 $R_z = \frac{\rho_n}{2 \pi \cdot z}$, Ω

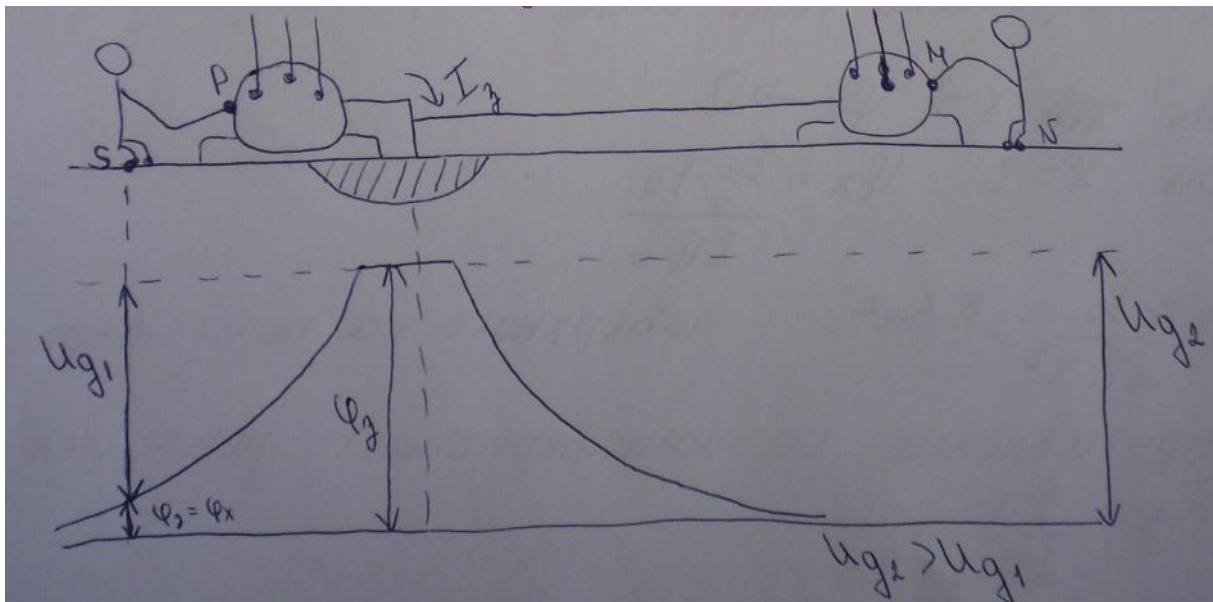
2. Крачно напрежение ($U_{кр}$) – потенциалната разлика между стъпалата на човек, намиращ се върху почвената повърхност при протичане на ел.ток в земята.

Предизвиква се протичане на ток през човека по пътя крак – крак



В зависимост от съпротивлението на изолционната подложка и обувките, човекът може да попадне под различни стойности на напрежението $\leq U_{кр}$. По-голямата опасност от крачни напрежения имат селскостопанските животни

3. Допирно напрежение – потенциалната разлика между две точки с различни потенциали, до които се допират две части от човешкото тяло (U_d)



Потенциална разлика между P и S може да се получи при проблем с изолацията:

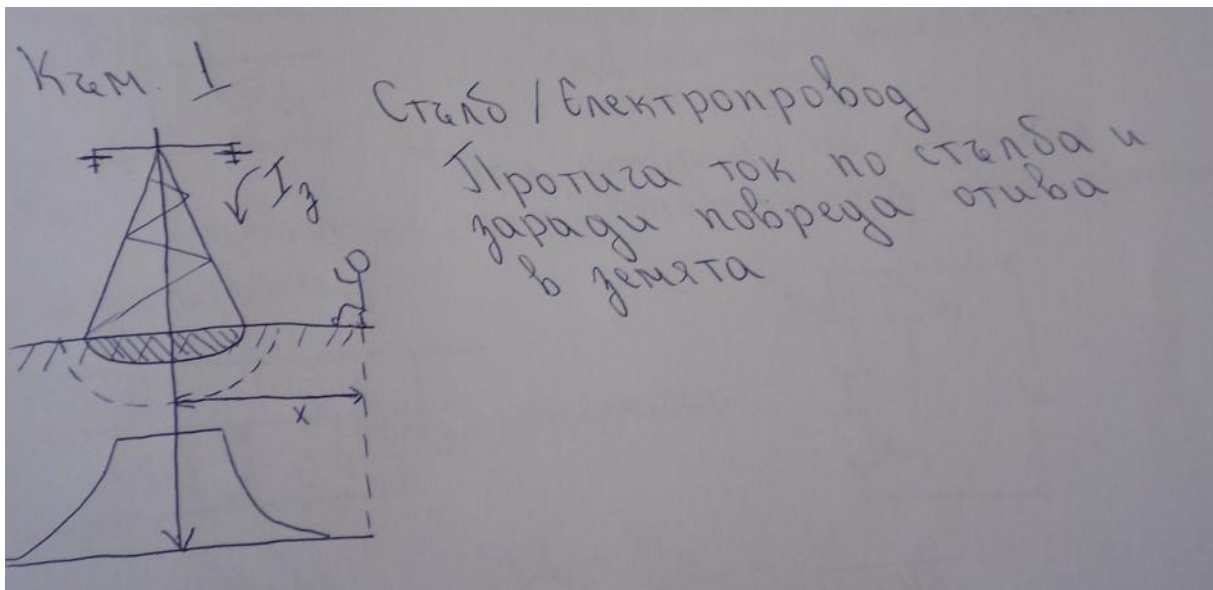
$$U_g = \varphi_R - \varphi_S = \varphi_g - \varphi_x = I_g \cdot \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{z} - \frac{1}{x} \right) = U_g \cdot B_{\text{коэффициент}}$$

При двигател извън обсега на полето около повредения двигател, който е заземен ще бъде най-опасно, защото ще има максимално U_d :

$$U_{g\max} = I_g \cdot \frac{\rho}{2\pi z} = I_g R_g$$

- трябва да е до 50V като критерий за безопасност

При опасно допирно напрежение може да се ограничи напрежението върху човека чрез използване на диелектрични ботуши, боти, килимчета и др.



Лекция 3: Общи сведения за еднофазни и трифазни мрежи по отношение на електробезопасността

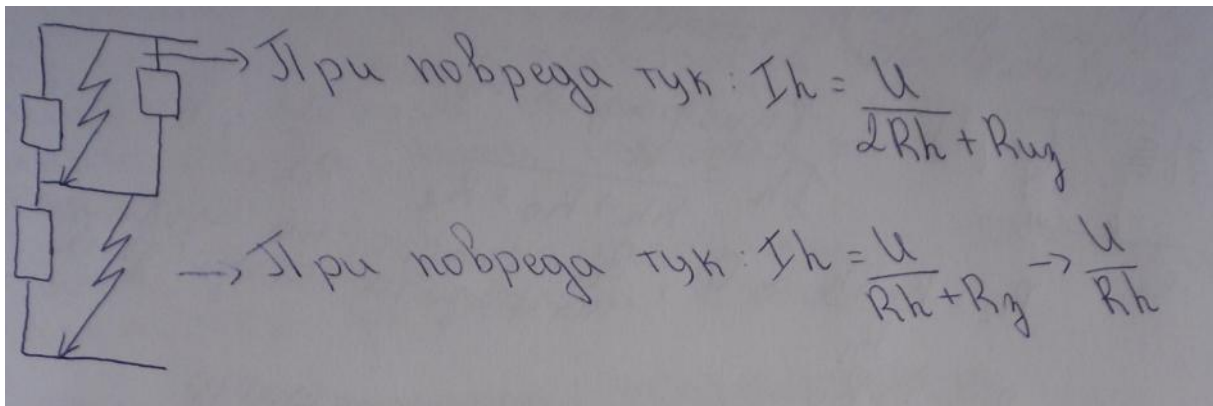
1. Едофазни / двуфазни мрежи

- Заземени – имат връзка със земята. Могат да бъдат за постоянно или променливо напрежение. Пример: трамваи, влакове и други.

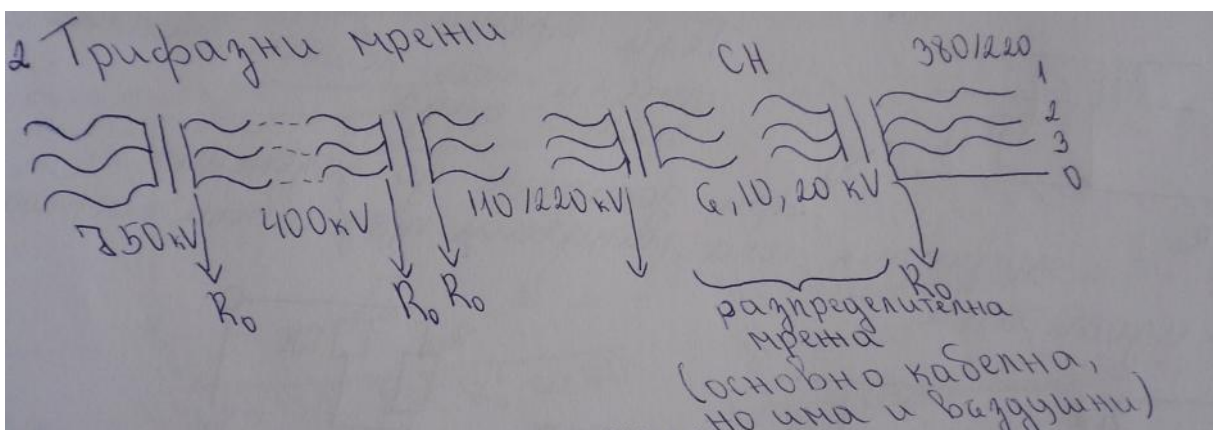
Еднофазни – тези мрежи са много опасни при неблагоприятна околна среда. При допирание на заземения проводник, тока минаващ през човека е безопасен.

- Изолирани

Еднопроводният допир е безопасен, при неповредена изолация, тъй като $R_{из}$ е десетки кило ома. В зависимост кой проводник е допрян, допира може да е смъртоносен. Получава се шунтиране и опасността е по-малка. Човекът винаги е подложен на по-малко напрежение отколкото при липса на земно съединение.



2. Трифазни мрежи



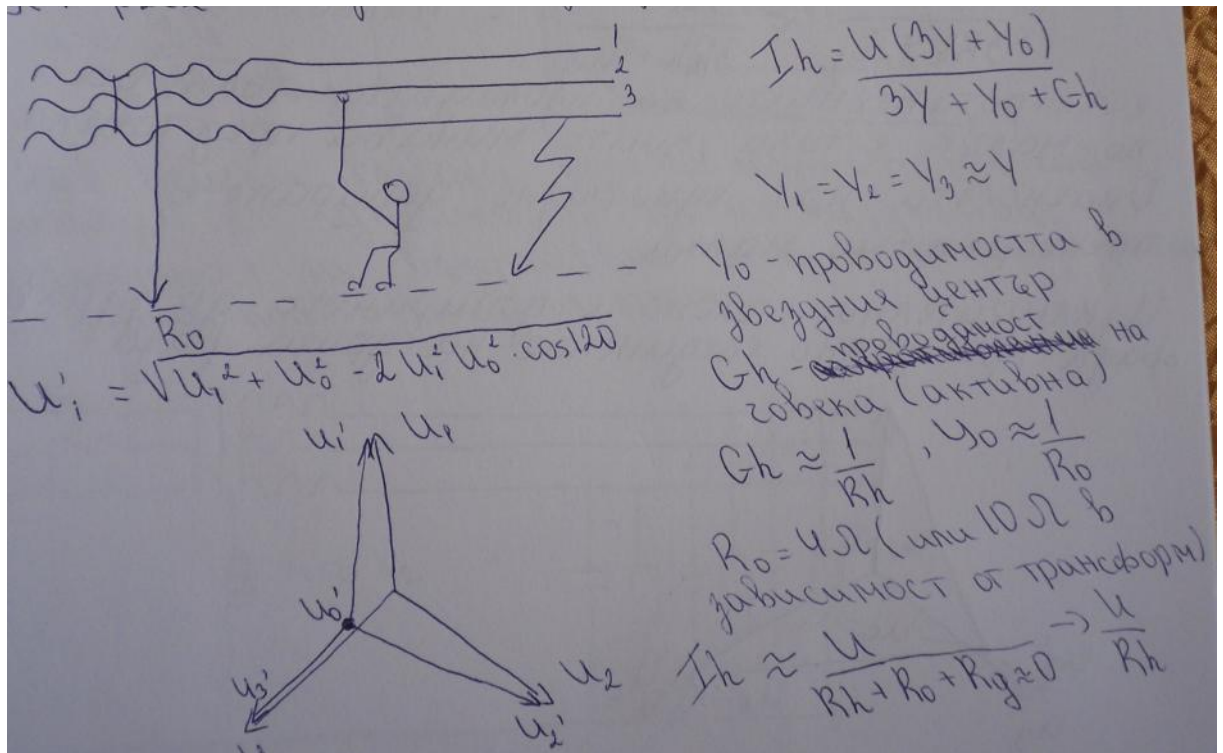
Мрежите с ниско напрежение са разпределителни с директно заземен център.

Мрежите със средно напрежение – 6,10,20 или 35 kV в повечето случаи са разпределителни и с изолиран или комплексен звезден център.

Мрежи с високо напрежение – 110, 220, 440 и 750 kV са електропреносни и с директно заземен звезден център.

3. Мрежи със заземен звезден център

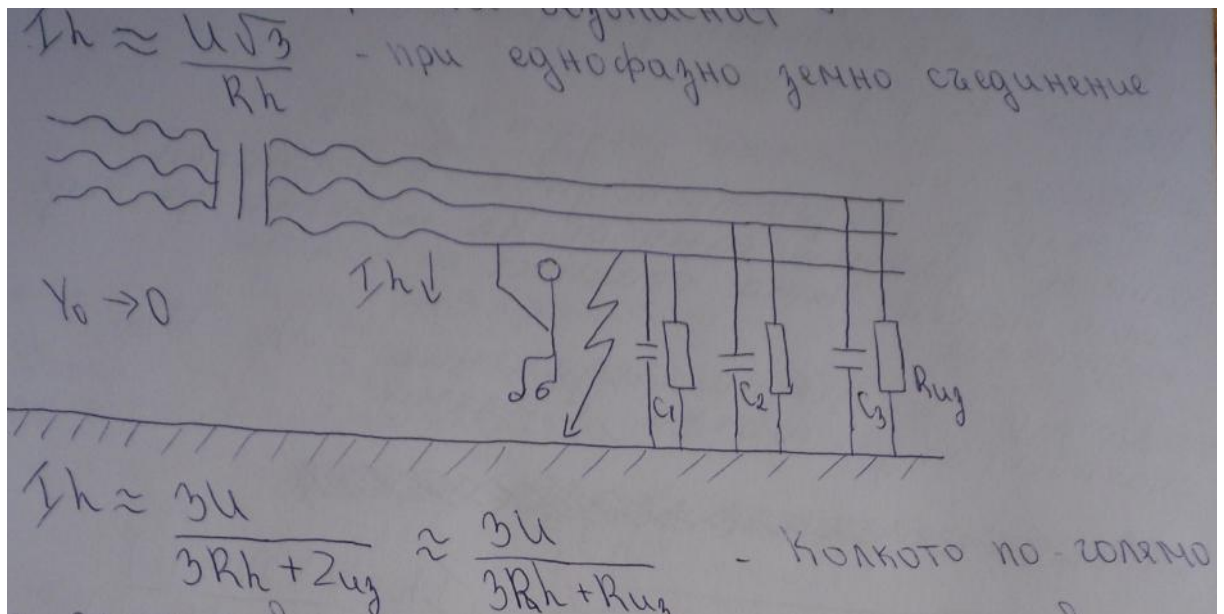
- Допир до фазов проводник в нормален режим – зависи само от R_h и може да бъде много опасен. Няма опасност от крачно напрежение.
- Допир при земно съединение – $U_h = U_{a0}$ и опасността за човека е голяма.



- Еднофазно земно съединение
- Мрежа с голям капацитет – няма голямо земно напрежение. С този режим се постига стабилизиране на мрежата (няма особено влияние на колебаията)

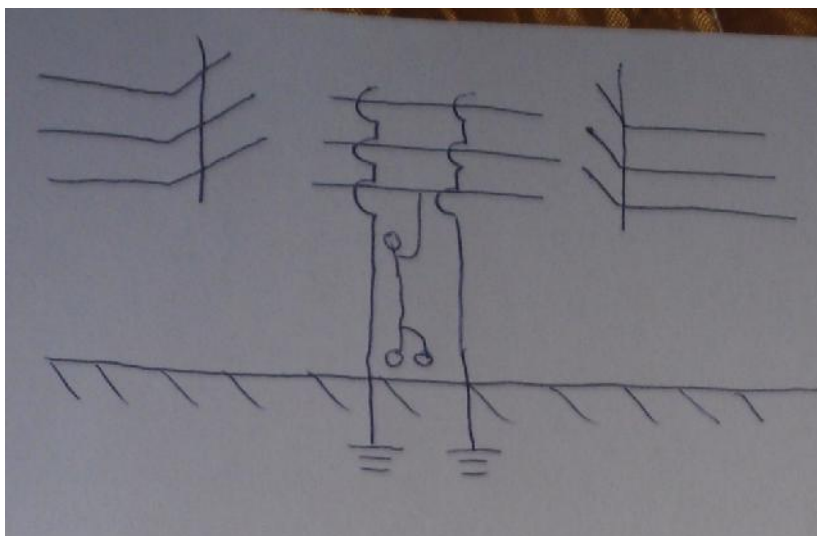
4. Мрежи с изолиран звезден център

Тази верига е по-безопасна за човека при допир, а също и от гледна точка на пожаро-аварийна безопасност



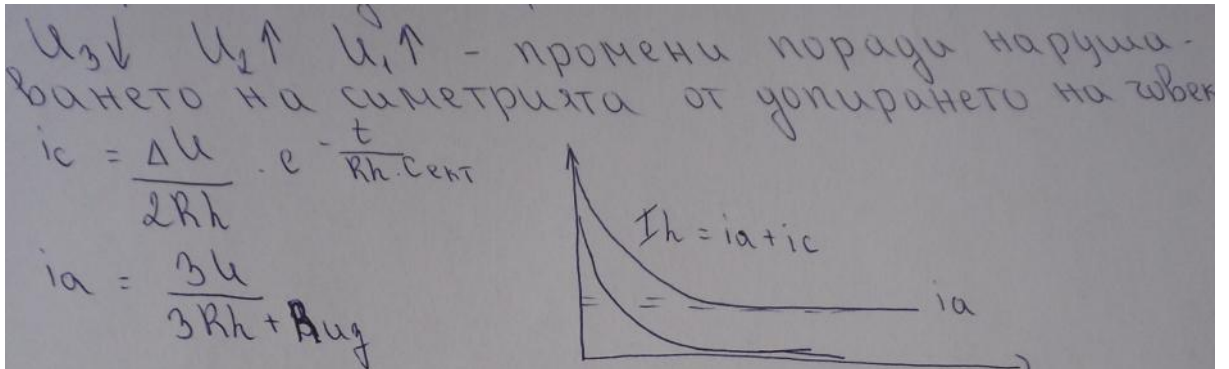
Колкото по-голямо е съпротивлението на изолацията, толкова по-малък е тока, който минава през човека. Опасността при еднофазно допиране е пренебрежимо малка.

Изключително опасно е допирането до здрава фаза при земно съединение на друга фаза:

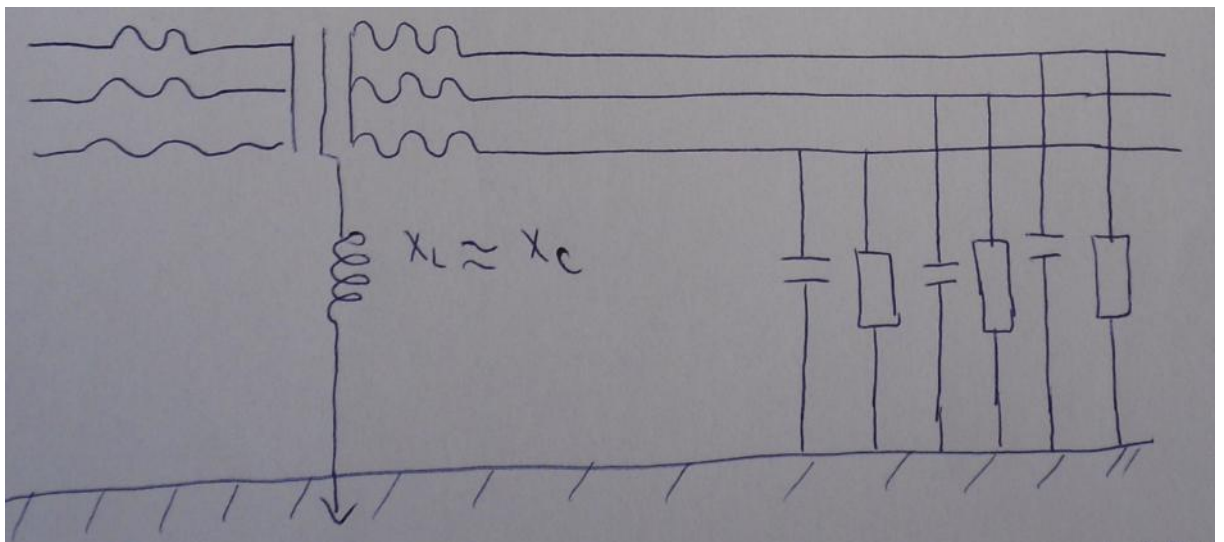


- За безопасност на човека дори при изключено напрежение. Реализира се с временни заземители.

- Мрежа под напрежение



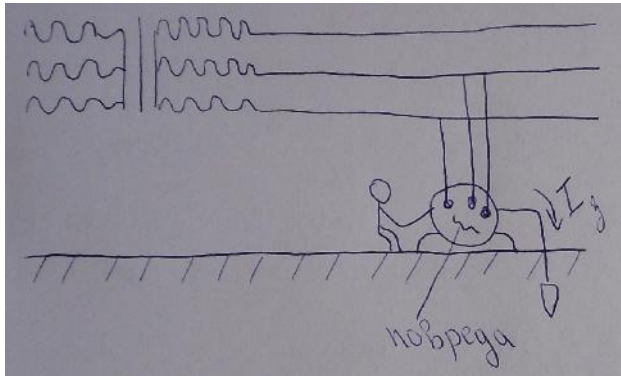
Във всички случаи, когато мрежата е с голям капацитет ще има по-голямо въздействие и възможност за въздействие само от капацитивната съставка при изключена мрежа. Това има смисъл при ниско напрежение.



Лекция 4: Защитно заземяване. Принцип на действие. Заземители.

Видове заземители. Проверка на заземителни инсталации

1. Принцип на действие – свързвае на корпусите под напрежение със заземителни исталации, предоставящи много добра връзка със земята за да се постигне намаляване на допирното напрежение под допустимото ($U_d \leq U_{d \text{ доп.}}$)



При повреда корпусното съединение става земно съединение, чрез доброто заземяване. Намаляването на допирното напрежение до стойности по-малки от допустимото, зависи от две величини – големината на тока през заземителя и съпротивлението му. Защитното заземяване е основно техническо мероприятие за защита от индиректен допир.

2. Видове заземители

- Естествени заземители – проводими обекти, положени в земята с друго предназначение, но могат да се ползват и за целите на заземяването. Само за уредби до 1000V
- Подземни кабели – оловните обвивки могат да бъдат ползвани като естествени заземители. Съпротивлението им зависи от дължината на кабела. Колкото по-дълъг е кабела толкова по-малко е съпротивлението.
Кабелите с алуминиеви обвивки по принцип не се използват, тъй като бързо се покриват с окисен слой. При разглеждане на тези заземители, трябва да се отчете факта, че при по-големи дължини на кабела (над 1,5-2 км), те са заземители с разпределени параметри.
- Подземни метални тръбопроводи – ако не пренасят запалителни или взривяеми течности и газове, могат да се ползват за

естествени заземители. Като при кабелите ефективната им дължина е 1,5 – 2 км и при дължина над 2 км потенциалът им не се приема за еднакъв по цялата дължина.

- Стоманобетонни конструкции на сгради и съоръжения – използват се като заземители когато контактуват със земя. Специфичното съпротивление на бетона зависи от неговия състав и обикновено се приема до 2 пъти по-голямо от това на почвата, в която се намира.

$$R = \frac{0,366 \cdot 1,8 \rho_{\text{п}}}{l} \cdot \lg \frac{4 \cdot l}{d}, \Omega, \text{ където}$$

 d - диаметър на цилиндъра
 l - дължина на подземната част на заземителя
 $\rho_{\text{п}}$ - спец. съпротивление на почвата

- Носещи метални конструкции – могат да се комбинират с изкуствени заземители за изравняване на потенциалите
 - Изкуствени заземители – метални конструкции, специално предназначени за осигуряване на връзка със земята. (Най-често от ковани стоманени материали)
- Единични заземители
 - Вертикални заземители – тъй като са разположени вертикално, достигат сравнително дълбок слой в почвата, където няма атмосферни влияния. Изработват се от тръби с диаметър 40-60 мм също има и Г- образни профили с размер на широката страна 40-63 мм и дебелина на стената ≥ 4 мм. Трябва да са устойчиви на огъване. Дължината им е от 2-6м. Горният край на заземителя е под повърхността на почвата.
 - Хоризонтални заземители – полагат се на дълбочина 0.5 – 0,8 м като самостоятелни или за свързване с вертикални такива. Прилагат се при скалисти терени или плитки почви. Изработват се от кръгла твърда стомата с диаметър >10 мм или са плоска поцинкована шина с дебелина на широката страна $b \geq 40$ mm

$$R_x = \frac{0,366 \cdot \rho_n \cdot \lg \frac{2l}{bt}}{e}, \Omega$$

, t - дълбочина на полагане

- Групови заземители – съвкупност от ел.свързани единични заземители. С тях се постига по-ниско съпротивление. Когато разстоянието между два единични заземители които образуват групов заземител са големи, съпротивлението на груповия съединител може да се изчисли чрез определяне на различните заземители като паралелно включени съпротивления. Единичните заземители обикновено са на по-малки разстояния един от друг и потенциалите им частично се припокриват..

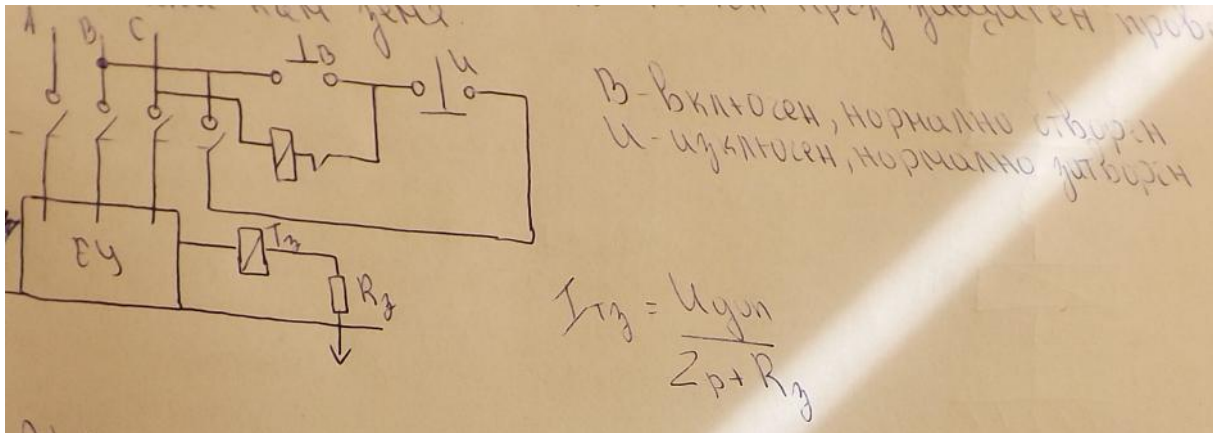
Проверка на заземителни инсталации – в процеса на експлоатация на заз.инсталации е необходимо да се извършва системна проверка на състоянието по следните направления:

- Измерване на съпротивлението на заземители
- Измерване на специфичното съпротивление на почвата
- Измерване на съпротивлението на пода
- Измерване на допирни и крачни напрежения

Лекция 5: Защитно изключване. Защитно изключване с токов входящ сигнал.

Видове:

- ЗИУ , реагиращи на тока, протичащ към земя – заработват при поява на корпусно съединение, предизвикващо протичане на ток през защитен проводник или към земя.



- ЗИУ , реагиращи на ток с нулева последователност – наричани са още прекъсвачи на ток на утечка, дефектнотокови прекъсвачи или защити срещу ток на утечка. Реагират на индиректен допир при корпусно съединение, като бързо изключват захранващото напрежение.

Предимства: широка приложимост, сигурност, независимост от режими на работа на звезден център и съпротивлението на защитния проводник към земя.

- ЗИУ, реагиращи на постоянен оперативен ток – използват се за непрекъснат автоматичен контрол на изолацията на мрежата и за защита срещу индиректен допир.

Предимства: чувствителност към симетрично изменение на изолацията, самоконтрол и др.