

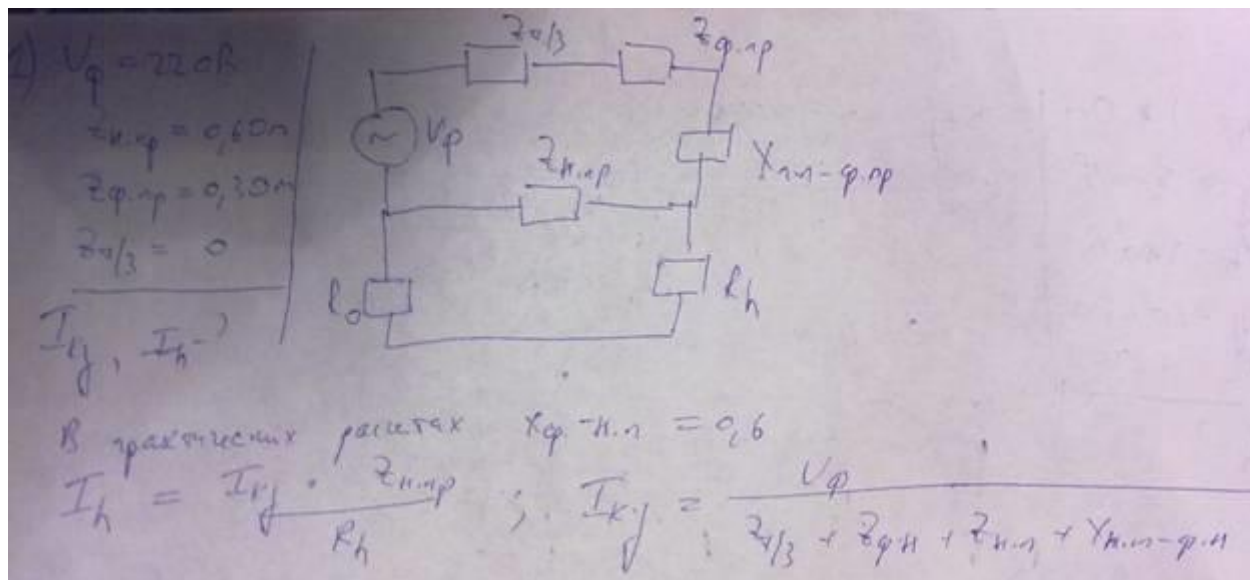
Задачи	3
1. В сети с занулением: $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, $Z_{\text{н.пр.}} = 0,6 \text{ Ом}$, $z_{\text{пр.}} = 0,3 \text{ Ом}$, $Z_{\text{т}}/3=0$. Найти ток короткого замыкания, ток через тело человека и напряжение прикосновения.....	3
2. Определить сопротивление нулевого защитного провода в схеме зануления, при котором срабатывает предохранитель. $U_{\text{н}} = 220 \text{ В}$, $I_{\text{ном.}} = 50 \text{ А}$	4
4. Определить полное сопротивление петли $Z_{\text{п}}$, исходя из условия срабатывания защиты. В качестве защиты применяется плавкая вставка на 50 А . $U_{\text{ном.}} = 380 \text{ В}$	4
5. Сравнить токи через человека при однофазном прикосновении к электроустановке при наличии и отсутствии компенсации. $U_{\text{н}} = 650 \text{ В}$, $C_{\text{из.}} = 0,5 \text{ мкф}$, $R_{\text{г}} = 2 \text{ кОм}$, $C_{\text{из.}}$ пренебречь, $R_{\text{к}} = 5 \text{ Ом}$. Предложить способы обеспечения безопасности в случае однофазного прикосновения.	5
6. Сравнить токи через человека при однофазном прикосновении к электроустановке с изолированной нейтралью при наличии и отсутствии компенсации емкостного тока. $R_{\text{к}} = 5 \text{ Ом}$, $R_{\text{из.}} = 10 \text{ кОм}$, $C_{\text{из.}} = 5 \text{ мкф}$, $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$, $R_{\text{г}} = 1 \text{ кОм}$. Дать заключение о способах обеспечения безопасности в случае однофазного прикосновения.	5
7. Определить значение тока через человека при компенсации в сети с $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, $R_{\text{из.}} = 30 \text{ кОм}$, $C_{\text{ф}} = 3 \text{ мкф}$, $R_{\text{к}} = 10 \text{ Ом}$	6
8. Определить сопротивление изоляции в сети с компенсацией емкостного тока, обеспечивающей безопасность человека. $U_{\text{н}} = 660 \text{ В}$, время срабатывания защиты $0,5 \text{ с}$, $C_{\text{из.}} = 5 \text{ мкф}$, $R_{\text{к}} = 15 \text{ Ом}$	6
9. В какой сети более эффективна компенсация емкостного тока: 1) $R_{\text{из.}} = 50 \text{ кОм}$, $C_{\text{из.}} = 1 \text{ мкф}$, 2) $R_{\text{из.}} = 20 \text{ кОм}$, $C_{\text{из.}} = 1 \text{ мкф}$, $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$. Показать аналитически и с помощью векторных диаграмм. $R_{\text{к}} = 5 \text{ Ом}$	7
10. Определить наименьшее безопасное сопротивление изоляции при однофазном прикосновении в сети с изолированной нейтралью с $U_{\text{ф}} = 380 \text{ В}$ при времени прикосновения $T = 1 \text{ с}$, $C_{\text{ф}} = 0$	7
11. Найти наименьшее значение фазного активного сопротивления изоляции $R_{\text{ф}}$ при $C_{\text{ф}} = 0$, при котором ток через человека не превысит 10 мА (однофазное прикосновение). Привести схему, соответствующую условию задачи.	8
12. Электроустановка, питающаяся от сети с изолированной нейтралью защищена УЗО, реагирующим на ток утечки на землю. Определить допустимое время и ток срабатывания устройства, если $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, $C_{\text{из.}} = 0$, $R_{\text{из.}} = 20 \text{ кОм}$	8
13. Как изменится ток через тело человека при однофазном прикосновении в сети с изолированной нейтралью ($U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, $R_{\text{ф}} = 20 \text{ кОм}$) при подключении к каждой фазе емкости $C = 2 \text{ мкф}$	9
14. Определить напряжение прикосновения и шаговое напряжение на расстоянии $0,8 \text{ м}$ от полусферического заземлителя радиусом $0,2 \text{ м}$, если $I_{\text{з}} = 300 \text{ А}$, $\rho = 100 \text{ Ом м}$. Предложить методы снижения $U_{\text{пр.}}$ и $U_{\text{ш.}}$	9
15. Определить на каком расстоянии от полусферического заземлителя $U_{\text{пр.}} = 6 \text{ В}$, если $U_{\text{н}} = 660 \text{ В}$, $R_{\text{из.}} = 3 \text{ кОм}$, $\rho = 250 \text{ Ом м}$, $C_{\text{из.}} = 0$, $r = 0,3 \text{ м}$	10
16. Определить на каком расстоянии от полусферического заземлителя ($r = 0,6 \text{ м}$) $U_{\text{пр.}} = 6 \text{ В}$, если $U_{\text{ф}} = 380 \text{ В}$, $R = 20 \text{ кОм}$, $C_{\text{из.}} = 0$, $\rho = 50 \text{ Ом м}$	10
17. Определить напряжение прикосновения и шаговое напряжение на расстоянии 1 м от полусферического заземлителя ($r = 0,3$), если $I_{\text{з}} = 100 \text{ А}$. $\rho = 60 \text{ Ом м}$. Изложить методы снижения $U_{\text{пр.}}$ и $U_{\text{ш.}}$	11
18. Определить безопасное расстояние от источника СВЧ излучения для работы без экрана, если: $P = 25 \text{ Вт}$, $T = 15 \text{ мин}$, $G = 250$	11
19. На каком расстоянии от антенны РЛС СВЧ диапазона можно разместить рабочее место для работы в течение 8 часов, если мощность излучения $P = 100 \text{ Вт}$, направленность излучения в режиме сканирования $G = 1$	11
20. Оценить необходимость звукоизоляции двух источников шума по $L = 70 \text{ дБ}$ каждый, $f = 1000 \text{ Гц}$, помещение – лаборатория.	12
21. Рассчитать комбинированное освещение на рабочих местах, если $E_{\text{комб.}} = 1000 \text{ лк}$, $E_{\text{усл.}} = 200 \text{ лк}$, $S = 200 \text{ м}^2$, $n = 0,5$	12
22. Рассчитать необходимое количество воздуха для вентиляции монтажного участка, на котором производится пайка электронных схем. Количество р.м – 50, количество паяк на 1 р.м. в час – 30. При одной пайке расходуется припой ПОС – 60 – 0,5 г и канифоли – 1 г (испаряется олова – 2 %, свинца – 0,5 %, канифоли – 90 %).	13

23. Определить мощность вентилятора для удаления избыточного тепла из помещения ($P = 16$ кВт). Число работающих – 5 человек, площадь окон на юг – 20 м ² , плотность воздуха $J = 1,29$ кг/м ³ , разность температур удаляемого и подсасываемого воздуха 10 С, окна выполнены с двойным остеклением, $H = 200$ Па.	13
Тема: «Электробезопасность»	14
1. Действие электрического тока на человека. Виды электротравм.	14
2. Перечислите и дайте характеристику основных факторов, влияющих на исход электропоражения? 15	15
Аварийный режим в производственных установках	16
3. Перечислите последовательность и содержание действий при оказании до врачебной помощи пострадавшему от электротравмы.	17
4. Привести схемы и аналитические выражения тока через человека, характеризующие опасность однофазного и двухфазного прикосновений в трехфазной сети с изолированной нейтралью.	17
5. Анализ однофазного и двухфазного прикосновений человека в трехфазной сети с заземленной нейтралью. Привести схемы и аналитические выражения тока I_h	20
6. Защитное заземление: определение, область применения, принцип действия, защитные функции. Электрическая схема заземления.	21
7. Явление при стекании тока в землю с полусферического заземлителя. Аналитические выражения для потенциала заземлителя, напряжения прикосновения, напряжения шага. Сопротивление заземлителя растеканию тока?	23
8. Методы контроля изоляции. Электрические схемы непрерывного контроля изоляции.	25
9. Виды изоляции, нормирование ее сопротивления. Понятие критического сопротивления изоляции.	26
10. Зануление: определение, область применения, защитная функция, принцип действия, условия эффективности, требование к занулению, электрическая схема.	26
11. Методика проектирования зануления. Назначение повторного заземлителя нулевого провода.	28
12. Защитное отключение: определение, область применения, защитная функция, основные требования к защитному отключению.	31
13. Компенсация емкостных токов через человека: область применения, защитные функции, принцип действия, выражение для тока I_h	34
17. Предложите в дополнение к защитному заземлению второй технический метод, обеспечивающий повышение уровня электробезопасности эксплуатации электроустановки в сети с изолированной нейтралью. Приведите общую принципиальную схему.	35
19. Изложите классификацию помещений по степени опасности поражения электрическим током.	38
20. Привести электрическую принципиальную схему зануления с повторным заземлением. Найти ток через человека при прикосновении к корпусу электроприбора, оказавшегося под напряжением?	38
22. Привести электрическую принципиальную схему защитного заземления. Сравнить напряжения на корпусе поврежденного электрооборудования при отсутствии и наличии защитного заземления.	40
23. Привести электрическую принципиальную схему защитного заземления. Показать зависимость токов через заземлитель и через человека от удельного сопротивления грунта.	41
24. Привести электрическую принципиальную схему компенсации емкостных токов. Зависит ли ток через человека в режиме полной компенсации: а) от емкости фаз относительно земли; б) от сопротивления рабочего заземлителя?	42
25. Привести электрическую принципиальную схему защитного зануления с повторным заземлением нулевого провода. Зависит ли ток через человека при прикосновении к корпусу электрооборудования, оказавшегося под напряжением от удельного сопротивления грунта?	43
26. Каким образом необходимо выбрать и включить устройство защитного отключения, реагирующего на дифференциальный ток, в однофазной сети?	45
27. Привести электрическую принципиальную схему устройства защитного отключения, реагирующего на дифференциальный ток. От каких ситуаций защищает это устройство?	46
Тема: «Защита от ЭМП радиочастот»	47
30. Изложите основные характеристики электромагнитных полей радиочастот и особенности их действия на человека.	47
31. Перечислите и охарактеризуйте основные принципы и методы защиты от ЭМП радиочастот.	47
32. Виды, принцип действия и особенности конструкций экранов для защиты от электромагнитных полей радиочастот.	48

34. Принципы нормирования ЭМП радиочастот и методы контроля интенсивности излучения.	48
35. Из каких материалов выполняются отражающие экраны, используемые для защиты от электромагнитных полей СВЧ диапазона? Выбрать от чего зависит толщина экранов: а) от времени работы человека с источником излучения; б) от материала экранов; в) от коэффициента направленности излучения на рабочее место.	49
Тема: «Защита от вибраций»	50
36. Изложите основные характеристики вибраций и их влияние на человека.	50
37. Нормирование вибраций. Зависимость виброскорости от возмущающей силы и сил сопротивления.	53
38. Охарактеризуйте способы защиты от производственных вибраций.	54
39. Охарактеризуйте принципы защиты от вибраций: виброгашение, вибропоглощение и виброизоляцию.	55
«Защита от шума»	58
40. Изложите основные характеристики производственного шума и его влияние на работающих.	58
41. Нормирование шума, методика и средства измерения.	58
42. Изложите методику акустического расчета отражающих экранов.	59
43. Изложите принципы и методы защиты от производственных шумов.	60
«Воздух рабочей зоны»	61
44. Нормирование параметров микроклимата в рабочих помещениях.	61
45. Классификация и нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.	62
46. Существующие системы вентиляции, область их применения и требования к ним.	62
47. Методика проектирования вентиляции для удаления избыточного тепла.	62
48. Методика проектирования общеобменной вентиляции для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны.	63
49. Способы защиты воздуха рабочей зоны от вредных паров и газов.	64
50. Методика проектирования местной вентиляции для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны.	64
51. Привести методику расчета общей механической вентиляции. От чего зависит скорость движения воздуха в воздуховодах? И ее допустимые значения?	65
Тема: «ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»	66
52. Изложите методику расчета категории тяжести труда.	66
Последовательность расчета категории тяжести труда.	69
Тема: «ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ»	69
53. Перечислите и дайте определения основным количественным и качественным показателям освещения.	69
54. Изложите принцип нормирования искусственного и естественного освещения.	70
55. Изложите методику проектирования комбинированного искусственного освещения.	71
Число потребного количества ламп.	71
56. Перечислите и дайте характеристику основных систем и видов освещения. Область их применения, достоинства и недостатки.	71
57. Изложите методику проектирования естественного освещения.	72
Тема: «ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»	73
58. Основы законодательства РФ в области охраны труда.	73
59. Организация охраны труда на предприятии. Права, обязанности и ответственность должностных лиц и работников.	74
60. Понятие опасных и вредных производственных факторов, несчастного случая и профессионального заболевания. Порядок расследования и учета несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Показатели травматизма.	75
Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве	76

Задачи

1. В сети с занулением: $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, $Z_{\text{н.пр.}} = 0,6 \text{ Ом}$, $z_{\text{ф.пр.}} = 0,3 \text{ Ом}$, $Z_{\text{т}}/3=0$. Найти ток короткого замыкания, ток через тело человека и напряжение прикосновения.



2. Определить сопротивление нулевого защитного провода в схеме зануления, при котором срабатывает предохранитель. $U_{\text{н}} = 220 \text{ В}$, $I_{\text{ном.}} = 50 \text{ А}$.

2) Зануление
 $U_{\text{н}} = 220 \text{ В}$ $I_{\text{ном}} = 50 \text{ А}$

$z_{\text{н.р}} = ?$

$I_{\text{л/3}} \geq k \cdot I_{\text{ном}}$ Буквенный коэффициент, при $k=3$

$I_{\text{л/3}} = \frac{U_{\phi}}{|z_{\text{л/3}}| + |z_{\text{н}}|}$ $|z_{\text{н}}| = \sqrt{(R_{\text{ф}} + R_{\text{н.р}})^2 + (X_{\text{ф}} + X_{\text{н.р}} - X_{\text{ф-н}})^2}$

$z_{\text{н.р}} \leq 2 z_{\text{ф}} \Rightarrow |z_{\text{н}}| = 0,5 R_{\text{н.р}} + R_{\text{н.р}} = 1,5 R_{\text{н.р}}$

$I_{\text{л/3}} = \frac{U_{\phi}}{1,5 R_{\text{н.р}}} \Rightarrow 1,5 R_{\text{н.р}} = \frac{U_{\phi}}{I_{\text{л/3}}}$

$k^2 R_{\text{н.р}} = \frac{2 U_{\phi}}{3 I_{\text{ном}}} \Rightarrow$

$\Rightarrow R_{\text{н.р}} = \frac{2 U_{\phi}}{9 I_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 220}{9 \cdot 50} = 0,98 \text{ Ом}$

4. Определить полное сопротивление петли $Z_{\text{п}}$, исходя из условия срабатывания защиты. В качестве защиты применяется плавкая вставка на 50 А . $U_{\text{ном.}} = 380 \text{ В}$.

4) $I_{ном} = 50 \text{ A}$
 $k = 3$
 $U_{ном} = 380 \text{ В}$
 $Z_h = ?$

$I_{к.з} \gg k I_{ном} ; I_{к.з} = \frac{U_{\phi}}{\left(\frac{Z_{\Sigma}^2}{3} + |Z_h|^2 \right)^{0.5}}$

$k I_{ном} = \frac{U_{\phi}}{|Z_h|} ; |Z_h| = \frac{U_{\phi}}{k I_{ном}} = \frac{380}{3 \cdot 50} = 2,5 \text{ Ом}$

5. Сравнить токи через человека при однофазном прикосновении к электроустановке при наличии и отсутствии компенсации. $U_n = 650 \text{ В}$, $C_{из.} = 0,5 \text{ мкФ}$, $R_h = 2 \text{ кОм}$, $G_{из.}$ пренебречь, $R_k = 5 \text{ Ом}$. Предложить способы обеспечения безопасности в случае однофазного прикосновения.

Сравнить токи через человека при однофазном прикосновении к электроустановке с изолированной

5) $U_{ph} = 650 \text{ В}$
 $C_{из.} = 0,5 \text{ мкФ}$
 $R_h = 2 \text{ кОм}$
 $G_{из.} = 0$
 $R_k = 5 \text{ Ом}$
 $I_h = ?$

Без компенсации: $I_h = \frac{U_n}{R_h + R_k}$

С компенсацией: $I_h = \frac{U_n}{R_h} \cdot \frac{g_k}{g_h + g_k}$

$g_k = \frac{R_k}{R_k^2 + (\omega L_k)^2}$

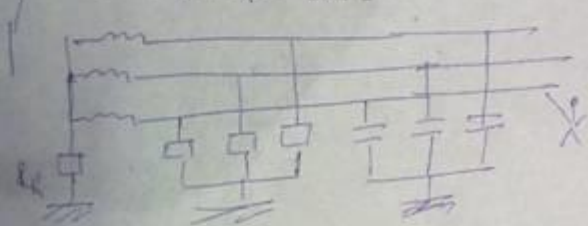
$L_k = \frac{1}{3\omega^2 C}$

$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ с}^{-1} = 314 \text{ с}^{-1}$

6. Сравнить токи через человека при однофазном прикосновении к электроустановке с изолированной нейтралью при наличии и отсутствии компенсации емкостного тока. $R_k = 5 \text{ Ом}$, $R_{из.} = 10 \text{ кОм}$, $C_{из.} = 5 \text{ мкФ}$, $U_n = 380 \text{ В}$, $R_h = 1 \text{ кОм}$. Дать заключение о способах обеспечения безопасности в случае однофазного прикосновения.

5) $R_h = 1 \text{ kOhm}$
 $C_{\phi} = 5 \text{ мкФ}$
 $U_h = 380 \text{ В}$
 $R_{\phi} = 10 \text{ kOhm}$
 $R_k = 5 \text{ Ohm}$

Вычисление
 $I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_{\phi}^2 (R_{\phi} + 6R_h)}{9R_h^2 (1 + R_{\phi}^2 \omega^2 C_{\phi}^2)}}}$
 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 214 \text{ c}^{-1}$



Вычисление
 $I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h} \cdot \frac{3g_{\phi} + g_k}{3g_{\phi} + g_k + g_h}$
 $g_{\phi} = \frac{1}{R_{\phi}}$ $g_h = \frac{1}{R_h}$ $g_k = \frac{R_k}{R_k^2 + (\omega L_k)^2}$
 $L_k = \frac{1}{3\omega^2 C}$

7. Определить значение тока через человека при компенсации в сети с $U_{\phi} = 220 \text{ В}$, $R_{из.} = 30 \text{ kOhm}$, $C_{\phi} = 3 \text{ мкФ}$, $R_k = 10 \text{ Ohm}$.

7. $U_{\phi} = 220 \text{ В}$, $R_{из.} = 30 \text{ kOhm}$
 $C_{\phi} = 3 \text{ мкФ}$, $R_k = 10 \text{ Ohm}$ $R_h = 1 \text{ kOhm}$

Вычисление
 $I_h^{c.k.} = ?$

Вычисление
 $I_h^{c.k.} = \frac{U_{\phi}}{R_h} \cdot \frac{3g_{из} + g_k}{3g_{из} + g_k + g_h}$
 $g_k = \frac{R_n}{R_n^2 + (\omega L)^2} = \frac{R_n}{R_n^2 + \left(\frac{1}{3\omega C}\right)^2} = 7,98 \cdot 10^{-5}$
 $L = \frac{1}{3\omega^2 C}$

Вычисление
 $I_h^{c.k.} = \frac{220}{10000} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-4} + 7,98 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-4} + 7,98 \cdot 10^{-5} + 10^{-5}} = 0,034 \text{ А}$

8. Определить сопротивление изоляции в сети с компенсацией емкостного тока, обеспечивающей безопасность человека. $U_n = 660 \text{ В}$, время срабатывания защиты $0,5 \text{ с}$, $S_{из.} = 5 \text{ мкФ}$, $R_k = 15 \text{ Ohm}$.

8) $U_n = 660 \text{ В}$
 $t = 0,5 \text{ с}$
 $C_{\text{из}} = 5 \text{ мкФ}$
 $R_k = 150 \text{ Ом}$

$R_{\text{из}} = ?$

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h} \cdot \frac{3g_{\text{из}} + g_k}{3g_{\text{из}} + g_k + g_h} ; I_k = \frac{50}{0,5} = 100 \text{ мА}$$

$$I_h = \frac{U_{\phi} 3g_{\text{из}} + U_{\phi} g_k}{R_h 3g_{\text{из}} + R_k g_k + 1}$$

$$U_{\phi} 3g_{\text{из}} + U_{\phi} g_k = I_h R_h 3g_{\text{из}} + I_h R_k g_k + I_h$$

$$3U_{\phi} g_{\text{из}} - I_h R_h 3g_{\text{из}} = I_h R_k g_k + I_h - U_{\phi} g_k$$

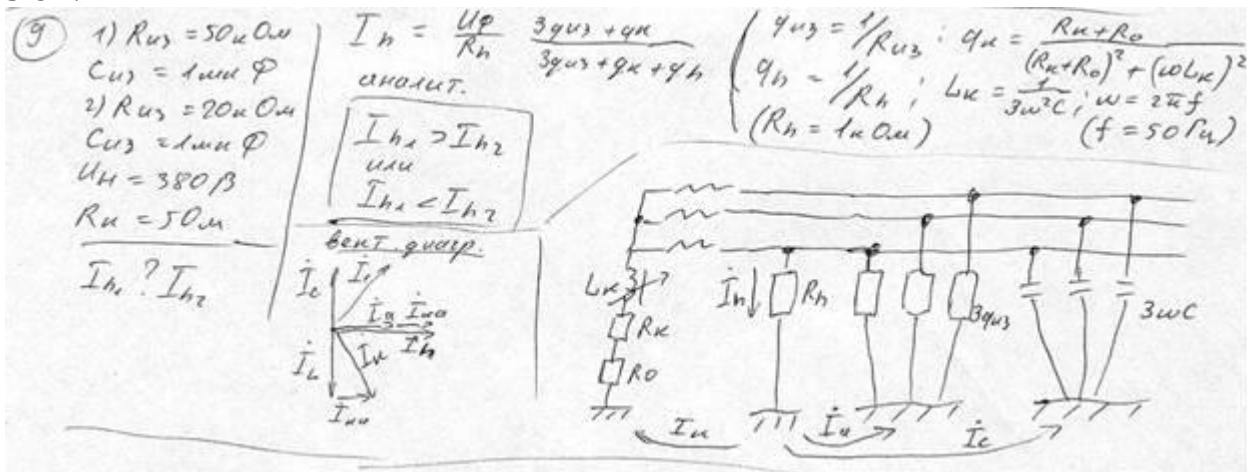
$$3g_{\text{из}} (U_{\phi} - I_h R_h) = I_h R_k g_k + I_h - U_{\phi} g_k$$

$$g_{\text{из}} = \frac{I_h (R_k g_k + 1) - U_{\phi} g_k}{3(U_{\phi} - I_h R_h)} ; R_{\text{из}} = \frac{3U_{\phi} I_h R_h}{I_h (R_k g_k + 1) - U_{\phi} g_k}$$

$$g_k = \frac{R_k}{k^2} = \frac{1}{k^2} \cdot \frac{1}{(0,5 \cdot 10^{-3})^2}$$

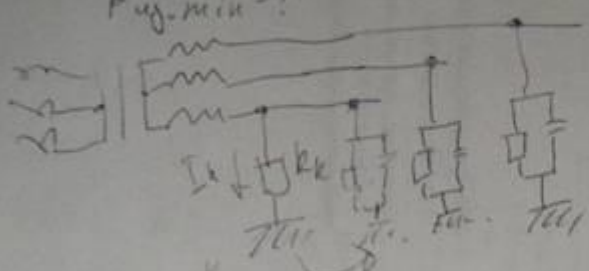
$$R_{\text{из}} = \frac{1}{g_{\text{из}}} = 15 \text{ кОм}$$

9. В какой сети более эффективна компенсация емкостного тока: 1) $R_{\text{из}} = 50 \text{ кОм}$, $C_{\text{из}} = 1 \text{ мкФ}$, 2) $R_{\text{из}} = 20 \text{ кОм}$, $C_{\text{из}} = 1 \text{ мкФ}$, $U_n = 380 \text{ В}$. Показать аналитически и с помощью векторных диаграмм. $R_k = 5 \text{ Ом}$.



10. Определить наименьшее безопасное сопротивление изоляции при однофазном прикосновении в сети с изолированной нейтралью с $U_{\phi} = 380 \text{ В}$ при времени прикосновения $T = 1 \text{ с}$, $C_{\phi} = 0$.

$U_{\phi} = 380 \text{ В}$ $t = 1 \text{ с}$; $C_{\phi} = 0$ (линия короткая)
 $R_{uz, \min} = ?$



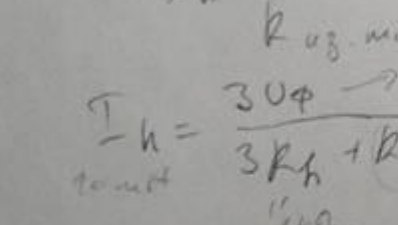
$$I_h = \frac{3U_{\phi}}{3R_k + R_{uz}} \quad R_{uz} + 3R_k = \frac{3U_{\phi}}{I_h}$$

$$R_{uz} = \frac{3U_{\phi}}{I_h} - 3R_k$$

$3 \times 1 \text{ кОм}$
 $I_h \approx \frac{50}{t_{\text{защ}}} > R_{uz} = \frac{3U_{\phi} \cdot t \cdot 1000}{50} - 3R_k =$
 $\frac{3 \cdot 380 \cdot 1000}{50} - 3 \cdot 1000 = 22800 - 3000 = 19800 \text{ Ом} = 19,8 \text{ кОм}$
 $\downarrow$
 $\text{min. допустимое } R_{uz}$

11. Найти наименьшее значение фазного активного сопротивления изоляции R_{ϕ} при $C_{\phi} = 0$, при котором ток через человека не превысит 10 мА (однофазное прикосновение). Привести схему, соответствующую условию задачи.

$N 11. \quad I_h = 10 \text{ мА} \quad C_{\phi} = 0$
 $R_{uz, \min} = ?$
 $\rightarrow \text{положим, } U_{\phi} = 380 \text{ В}$



$$I_h = \frac{3U_{\phi}}{3R_k + R_{uz}} \quad R_{uz} = \frac{3U_{\phi}}{I_h} - 3R_k$$

$$= \frac{3 \cdot 380}{0,01} - 3000 = 111 \text{ кОм}$$

12. Электроустановка, питающаяся от сети с изолированной нейтралью защищена УЗО, реагирующим на ток утечки на землю. Определить допустимое время и ток срабатывания устройства, если $U_{\phi} = 220 \text{ В}$, $S_{из} = 0$, $R_{из} = 20 \text{ кОм}$.

12) Y30
 $U_{\phi} = 220 \text{ В}$
 $C_{uz} = 0 \quad R_{uz} = 20 \text{ кОм}$

$t_{\text{гор}} = ? \quad I_{\text{ном}} = ?$

$$I_h = \frac{3U_{\phi}}{3R_h + R_{uz}} \quad ; \quad I_{\text{ном}} \leq I_h \quad ;$$

$$I_h = \frac{3 \cdot 220}{3000 + 20000} = \frac{660}{23000} = 0,029 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном}} \leq 0,029 \text{ А}$$

10 мА

$$t_{\text{гор}} = \frac{50}{I_{\text{ном}} (\text{мА})} = \frac{50}{29} = 1,7 \text{ с}$$

(и таблицу
где указано
 $t_{\text{гор}}$
при $I = 29 \text{ мА}$)

13. Как изменится ток через тело человека при однофазном прикосновении в сети с изолированной нейтралью ($U_{\phi} = 220 \text{ В}$, $R_{\phi} = 20 \text{ кОм}$) при подключении к каждой фазе емкости $C = 2 \text{ мкФ}$.

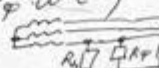
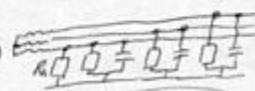
13) $U_{\phi} = 220 \text{ В}$
 $R_{\phi} = 20 \text{ кОм}$
 $C = 2 \text{ мкФ}$
 $\Delta I_h = ?$

$$I_{h1} = \frac{U_{\phi}}{R_h} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_{\phi}(R_{\phi} + 6R_h)}{9R_h^2}}} \quad ; \quad R_h = 1000 \text{ Ом}$$

$$I_{h2} = \frac{U_{\phi}}{R_h} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_{\phi}(R_{\phi} + 6R_h)}{9R_h^2(1 + R_{\phi}^2 \omega^2 C^2)}}} \quad ; \quad \omega = 2\pi f$$

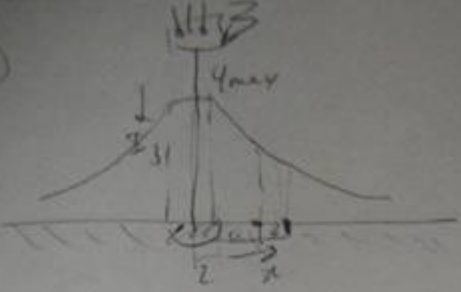
$f = 50 \text{ Гц}$

$$\Delta I_h = I_{h1} - I_{h2}$$

1)  2) 

14. Определить напряжение прикосновения и шаговое напряжение на расстоянии 0,8 м от полусферического заземлителя радиусом 0,2 м, если $I_z = 300 \text{ А}$, $\rho = 100 \text{ Ом м}$. Предложить методы снижения $U_{\text{пр}}$ и $U_{\text{ш}}$.

14



$x = 0.8 \text{ m}$ $I_3 = 300 \text{ A}$
 $z = 0.2 \text{ m}$ $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

$U_{np} = ?$ $U_m = ?$

$$U_{np} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{z} - \frac{1}{z+x} \right) = \frac{300 \cdot 100}{628} \left(\frac{1}{0.2} - \frac{1}{1} \right) = 191 \text{ В}$$

$$U_m = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{z+a} - \frac{1}{z+a+b} \right) =$$

из условия $a = x$
 $b = \text{шир. шара} = 0.2 \text{ м}$

$$= \frac{300 \cdot 100}{628} \left(\frac{1}{0.2+0.8} - \frac{1}{0.2+0.8+0.2} \right) = 20 \text{ В}$$

0.42

15. Определить на каком расстоянии от полусферического заземлителя $U_{np} = 6 \text{ В}$, если $U_n = 660 \text{ В}$, $R_{из} = 3 \text{ кОм}$, $\rho = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $C_{из} = 0$, $r = 0.3 \text{ м}$.

15

$U_{np} = 6 \text{ В}$
 $U_n = 660 \text{ В}$ $R_{из} = 3 \text{ кОм}$ $\rho = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ $C_{из} = 0$ $z = 0.3 \text{ м}$

$x = ?$

$$U_{np} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{z} - \frac{1}{z+x} \right) ; \quad I_3 = \frac{3 U_n}{3 R_3 + R_{из}}$$

$$R_3 = \frac{\rho}{2\pi r^2} \Rightarrow I_3 = \frac{3 U_n}{\frac{3 \rho}{2\pi r^2} + R_{из}} = 0.583 \text{ А}$$

$$U_{np} = \frac{I_3 \rho}{2\pi z} - \frac{I_3 \rho}{2\pi(z+x)}$$

$$\frac{I_3 \rho}{2\pi(z+x)} = \frac{I_3 \rho}{2\pi z} - U_{np}; \quad z+x = \frac{I_3 \rho}{2\pi \left(\frac{I_3 \rho}{2\pi z} - U_{np} \right)}$$

$$x = \frac{I_3 \rho}{2\pi \left(\frac{I_3 \rho}{2\pi z} - U_{np} \right)} - z$$

$$x = 0.025 \text{ м}$$

16. Определить на каком расстоянии от полусферического заземлителя ($r = 0.6 \text{ м}$) $U_{np} = 6 \text{ В}$, если $U_n = 380 \text{ В}$, $R = 20 \text{ кОм}$, $C_{из} = 0$, $\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

16. $r = 0,6 \text{ м}$
 $U_{\phi} = 380 \text{ В}$
 $R_{\Sigma} = 20 \text{ Ом}$
 $C_{u2} = 0$
 $\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
 $U_{\text{пр}} = 6 \text{ В}$
 $x = ?$

$$U_{\text{пр}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+x} \right); \quad I_3 = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\Sigma} + R_{u3}}; \quad R_3 = \frac{\rho}{2\pi r}$$

$$\frac{1}{r+x} = \frac{1}{r} - \frac{2\pi U_{\text{пр}}}{I_3 \rho};$$

$$r+x = \frac{1}{\frac{1}{r} - \frac{2\pi U_{\text{пр}}}{I_3 \rho}} = \frac{1}{\frac{1}{r} - \frac{2\pi U_{\text{пр}} \left(\frac{3\rho}{2\pi r} + R_{u3} \right)}{3U_{\phi} \rho}}$$

$$x = \frac{3 \cdot r \cdot U_{\phi} \cdot \rho}{3U_{\phi} \rho - 3U_{\text{пр}} \cdot \rho \cdot \frac{1}{r} - 2\pi U_{\text{пр}} R_{u3} \rho} - r$$

17. Определить напряжение прикосновения и шаговое напряжение на расстоянии 1 м от полусферического заземлителя ($r = 0,3$), если $I_3 = 100 \text{ А}$, $\rho = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Изложить методы снижения $U_{\text{пр}}$ и $U_{\text{ш}}$.

17. $I_3 = 100 \text{ А}$
 $\rho = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
 $\alpha = 1 \text{ м}$
 $r = 0,3 \text{ м}$
 $U_{\text{ш}} = ?$
 $U_{\text{пр}} = ?$

$$U_{\text{пр}} = I_3 \cdot R_3 = I_3 \cdot \frac{\rho}{2\pi r}$$

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r+\alpha} - \frac{1}{r+2\alpha} \right) \quad (\alpha - \text{длина шага})$$

$U_{\text{пр}}$ и $U_{\text{ш}}$ можно снизить увеличивая r (радиус полусфер. заземлителя) или взяв заземлитель с большим ρ .

18. Определить безопасное расстояние от источника СВЧ излучения для работы без экрана, если: $P = 25 \text{ Вт}$, $T = 15 \text{ мин}$, $G = 250$.

18. По заданн
 $P = 25 \text{ Вт}$
 $T = 15 \text{ мин}$
 $G = 250$
 $x = ?$

$$G = \frac{P \cdot t}{4\pi x^2}$$

$$x^2 = \frac{P \cdot G}{4\pi \cdot G}$$

$$G = \frac{W}{T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x^2 = \frac{P \cdot G \cdot T}{4\pi W} = \frac{25 \cdot 250 \cdot 15 \cdot 60}{4 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 5600}{10^{-9}}} =$$

$$= \frac{5625000}{2512 \cdot 3600 \cdot 10^{-2}} = \frac{5625000}{90432} = 62$$

$$x = \sqrt{x^2} \approx 8 \text{ м}$$

19. На каком расстоянии от антенны РЛС СВЧ диапазона можно разместить рабочее место для работы в течение 8 часов, если мощность излучения $P = 100 \text{ Вт}$, направленность излучения в режиме сканирования $G = 1$.

19) $T = 8900$
 $P = 100 \text{ Вт}$
 $G = 1$
 $\chi = ?$

$$\chi^2 = \frac{P \cdot G}{4\pi W}$$

$$\chi^2 = \frac{P \cdot G}{4\pi \cdot 200} \Rightarrow \chi = \frac{W}{T} = \frac{200 \text{ мВт} \cdot \text{с}}{\text{с}} = 200$$

$$\chi^2 = \frac{P \cdot G \cdot T}{4\pi W} = \frac{100 \cdot 8 \cdot 3600}{4 \cdot 3.14 \cdot 200} = \frac{800}{25.12} = 32$$

$$\chi = \sqrt{\chi^2} = \sqrt{32} \approx 5.66 \text{ м}$$

20. Оценить необходимость звукоизоляции двух источников шума по $L = 70 \text{ дБ}$ каждый, $f = 1000 \text{ Гц}$, помещение – лаборатория.

20) $L = 70 \text{ дБ}$
 $f = 1000 \text{ Гц}$
 лаборатория
 $n = 2$
 $L_{\text{треб}}$

$$L_{\text{с}} = L + 10 \log n$$

$$L_{\text{с}} = 70 + 10 \cdot 0.3 = 73 \text{ дБ}$$

$$L_{\text{с}} - L_{\text{дон}} = L_{\text{треб}}$$

$$L_{\text{дон}} \text{ из ГОСТ 12.1.003-83 для лаборатории}$$

$$L_{\text{треб}} - \text{требуемое снижение ур. шума.}$$

21. Рассчитать комбинированное освещение на рабочих местах, если $E_{\text{комб.}} = 1000 \text{ лк}$, $E_{\text{усл}} = 200 \text{ лк}$, $S = 200 \text{ м}^2$, $n = 0.5$.

21) $E_{\text{комб.}} = E_{\text{усл.}} + E_{\text{мест.}}$???

$$E_{\text{комб.}} = 1000 \text{ лк}$$

$$E_{\text{усл.}} = 200 \text{ лк}$$

$$S = 200 \text{ м}^2$$

$$\eta = 0.5$$

$$\Phi_{\text{комб.}} = ?$$

$$\Phi_{\text{усл.}} = \frac{E_{\text{усл.}} \cdot S \cdot k_1 \cdot k_2}{\eta} = 1.2$$

$$\Phi_{\text{мест.}} = \Phi_{\text{комб.}} - \Phi_{\text{усл.}}$$

$$E_{\text{мест.}} = E_{\text{комб.}} - E_{\text{усл.}}$$

$$\Phi_{\text{мест.}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{мест.}} \cdot h}{\eta \cdot E_{\text{усл.}}} = 1.5$$

$$\Phi_{\text{усл.}} = \frac{300 \cdot 200 \cdot 1.5 \cdot 1.2}{0.5} = 216000 \text{ лм}$$

$$\Phi_{\text{мест.}} = \frac{1000 \cdot 700 \cdot 1.5}{1.200} = 5250 \text{ лм}$$

22. Рассчитать необходимое количество воздуха для вентиляции монтажного участка, на котором производится пайка электронных схем. Количество р.м – 50, количество паяк на 1 р.м. в час – 30. При одной пайке расходуется припой ПОС – 60 – 0,5 г и канифоли – 1 г (испаряется олова – 2 %, свинца – 0,5 %, канифоли – 90 %).

22) $n = 50$
 $m = 3 \frac{\text{паяк}}{\text{час}}$
 $P_{\text{ПОС}} = 0,5 \text{ г}$ $\text{И}_{\text{р.с.}} = 0,5\%$; $\text{И}_{\text{с.н.}} = 2\%$
 $P_{\text{канифоль}} = 1 \text{ г}$ $\text{И}_{\text{канифоль}} = 90\%$

$V_z = ?$

$V = \frac{K \cdot G}{g_2 - g_1}$; $G = n \cdot m \cdot p \cdot C \cdot H$

$g_2 = \text{г. воздуха в ПОС-60}$; $g_1 = 0,3 \text{ г.}$ т.к. воздуха не хватает и по формуле угадываю
 $g_{2\text{р.с.}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$
 $g_{2\text{с.н.}} = 0,05 \text{ мг/м}^3$; $g_{2\text{кан.}} = 4 \text{ мг/м}^3$

1) $V_{\text{р.с.}} = \frac{2 \cdot G_{\text{р.с.}}}{g_2 - g_1}$ $G_{\text{р.с.}} = n \cdot m \cdot p \cdot C \cdot H = 50 \cdot 3 \left(\frac{1}{\text{час}}\right) \cdot 0,5 \text{ г} \cdot 0,005 =$
 $\frac{\text{мг}}{\text{час}} \cdot \frac{\text{мг}}{\text{г}} = \frac{\text{мг}}{\text{час}}$ $\frac{\text{мг}}{\text{г}} = \frac{\text{мг}}{\text{г}}$ $0,75 \cdot 0,4 \cdot 0,005 = 0,15 \frac{\text{мг}}{\text{г}} = 150 \frac{\text{мг}}{\text{г}}$ $V_{\text{р.с.}} = \frac{2 \cdot 150}{0,01 - 0,0193} = 42857 \frac{\text{м}^3}{\text{г}}$

2) $V_{\text{с.н.}} = \frac{2 \cdot G_{\text{с.н.}}}{g_2 - g_1}$; $G_{\text{с.н.}} = n \cdot m \cdot p \cdot C \cdot H_{\text{с.н.}} = 3 \cdot 50 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,02 =$
 $= 75 \cdot 0,6 \cdot 0,02 = 0,9 \frac{\text{г}}{\text{г}} = 900 \frac{\text{мг}}{\text{г}}$
 $V_{\text{с.н.}} = \frac{2 \cdot 900}{0,05 - 0,3 \cdot 0,05} = \frac{1800}{0,035} = 51428 \frac{\text{м}^3}{\text{г}}$

3) $V_{\text{кан.}} = \frac{2 \cdot G_{\text{кан.}}}{g_2 - g_1}$ $G_{\text{кан.}} = n \cdot m \cdot p \cdot C \cdot H_{\text{кан.}} = 50 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 =$
 $= 135 \frac{\text{г}}{\text{г}} = 135000 \frac{\text{мг}}{\text{г}}$
 $V_{\text{кан.}} = \frac{2 \cdot 135000}{4 - 0,3 \cdot 4} = \frac{270000}{2,8} = 96428 \frac{\text{м}^3}{\text{г}}$

4) $V_z = V_{\text{р.с.}} + V_{\text{с.н.}} + V_{\text{кан.}} = 42857 + 51428 + 96428 =$
 $= 190713 \frac{\text{м}^3}{\text{г}}$

23. Определить мощность вентилятора для удаления избыточного тепла из помещения ($P = 16 \text{ кВт}$). Число работающих – 5 человек, площадь окон на юг – 20 м^2 , плотность воздуха $J = 1,29 \text{ кг/м}^3$, разность температур удаляемого и подсасываемого воздуха 10 С , окна выполнены с двойным остеклением, $H = 200 \text{ Па}$.

23) $P = 16 \text{ кВт}$?
 $\eta = 5 \text{ мс}$
 $S = 20 \text{ м}^2$ $k = 1,15$
 $\gamma = 1,29 \text{ кг/м}^3$
 $\Delta t = 10^\circ \text{C}$; $H = 200 \text{ Па}$
 (ср.)

$N_{\text{эл. гр.}} = ?$

$N_{\text{эл. гр.}} = \frac{V_{\text{об. гр.}} \cdot P_{\text{max}}}{3600 \cdot 10^3 \cdot \eta} \rightarrow \text{примем за } 40\% \text{ ??}$

$V_{\text{об. гр.}} = \frac{(Q_{\text{соед.}} + Q_{\text{эл.}})}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}$ $Q_{\text{эл.}} = \eta \cdot Q_{\text{эл.}}'$
 $Q_{\text{соед.}} = m \cdot S \cdot Q_3' \cdot k$ $\rightarrow 70 \div 200 \text{ Вт}$
 $\text{примем } 185 \text{ Вт}$
 $\frac{11}{20 \text{ м}^2}$ $\frac{11}{1,15}$

$Q_3' = 145 \text{ Вт/м}^2 \text{ ???}$

$Q_{\text{соед.}} = 20 \cdot 145 \cdot 1,15 = 3335 \text{ Вт}$
 $Q_{\text{эл.}} = 5 \cdot 135 = 675 \text{ Вт}$
 $Q_{\Sigma} = 4010 \text{ Вт}$

$V_{\text{об. гр.}} = \frac{3600 \cdot Q_{\Sigma}}{1000 \cdot 10 \cdot 1,29} = \frac{14436000}{12900} = 1119 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$

$N_{\text{эл. гр.}} = \frac{1119 \cdot 200}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,4} = \frac{223800}{1440000} = 0,15 \text{ кВт}$

Тема: «Электробезопасность»

1. Действие электрического тока на человека. Виды электротравм.

Воздействие электрического тока на человека.

Электрический ток, проходя через организм человека, производит термическое, электролитические, механическое (динамическое) и биологическое действия.

Термическое действие - ожоги отдельных участков тела, нагрев до высокой температуры органов находящихся на пути тока, что вызывает в них серьёзные функциональные расстройства.

Электролитическое действие - разложение органической жидкости организма, например крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие - расслоение, разрыв различных тканей организма (мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов лёгочной ткани) в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного образования пара от перегретой тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие - раздражение живых тканей организма.

Указанные виды действия электрического тока на организм нередко приводят к различным электротравмам которые условно делят на местные, когда возникают местные поражения, и общие, когда поражается весь организм.

Примерное распределение электротравм в промышленности:

20%-местные;

25%-общие (электрические удары);

55%-смешанные

Т.е. местные возникают в 75%, а общие в 80%.

К местным электротравмам относятся:

Электрические ожоги - самая распространенная местная травма, наиболее тяжело поддается лечению (возникает у 63% пострадавших), различают два вида ожога: токовый (или контактный) - в результате непосредственного прохождения и нагрева током (возникает обычно в электроустановках до 1000 в), и дуговой, обусловленный воздействием на человека электрической дуги (в электрических установках выше 1000 в, $t^{\circ}(\text{дуги}) > 3000^{\circ}\text{C}$).

Электрические знаки - резко очерченные пятна на коже серого или бледно-желтого цвета в точках входа и выхода тока из тела человека. Знаки имеют круглую или овальную форму и размеры 1-5мм. Электрические знаки появляются примерно у 11% пострадавших.

Металлизация кожи - проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек расплавленного металла (в результате электрической дуги).

Механические поражения - следствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием электрического тока. В результате - разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и даже переломы костей (возникают редко - примерно у 1%).

Электроофтальмия – результат воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги на глаза, вызывает конъюнктивит.

Общие электротравмы - электрические удары (электрический удар - возбуждение живых тканей организма, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях мышц тела.) - возникают примерно в 80% случаев поражения током. При этом нарушается работа сердца и органов дыхания (без потери или с потерей сознания). Возможна фибриляция сердца, когда волокна сердечной мышцы - фибриллы миокарды - сокращаются хаотично, движение крови прекращается, наступает кислородное голодание и гибель клеток коры головного мозга (нейронов) через 5-6 минут после поражения. Если за это время восстановить работу сердца, то возможно оживление. Поэтому это состояние называется мнимой (клинической) смертью. В более поздние сроки наступает необратимая биологическая смерть. Нарушение дыхания выражается в виде удушья (асфиксии) в результате судорожного сокращения мышц груди при прохождении тока. Удушья наступают от недостатка кислорода и избытка углекислоты.

Электрические удары наиболее опасны - они приводят к смертельным случаям в 85-87% от общего числа смертельных поражений.

Причинами смерти от поражения электрическим током могут быть прекращение работы сердца, остановка дыхания и электрический шок, или действие двух или трех причин вместе.

Электрический шок - тяжелая нервно- рефлекторная реакция организма на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.п. Шок длится от десятка секунд до суток.

2. Перечислите и дайте характеристику основных факторов, влияющих на исход электропоражения?

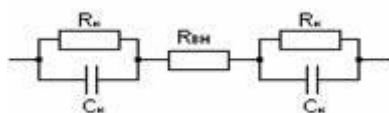
Исход поражения человека электрическим током.

Зависит от многих факторов. К ним относятся:

Рабочее напряжение сети; сопротивление всех элементов цепи тока, в том числе тела человека; длительность прохождения тока; путь тока через тело человека; состояние человека; условия окружающей среды; совпадение момента прохождения тока через сердце с фазой Т сердечного цикла(кардиоцикла).

Сопротивление тела человека состоит из активного и емкостного сопротивлений кожи на входе и выходе тока и активного сопротивления внутренних тканей.

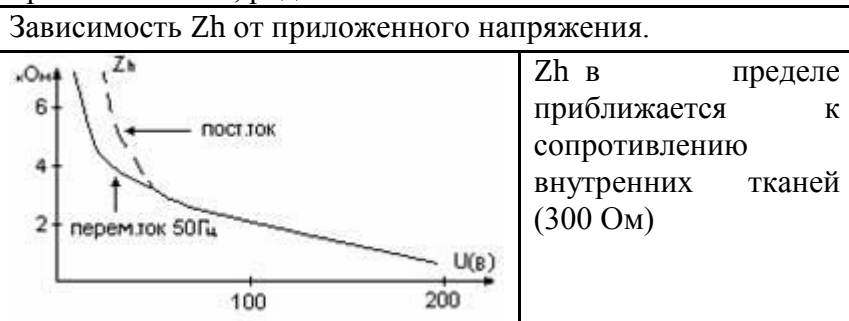
Эквивалентная схема сопротивления тела человека имеет вид:



Сухая неповрежденная кожа имеет сопротивление (при 15-20 в) примерно до 100 кОм, а сопротивление внутренних тканей 300-500 Ом.

Сопротивление человека неодинаково у различных людей и меняется у одного и того же человека в различных условиях. Сопротивление кожи резко уменьшается при её повреждении (даже до 500-700 Ом), увлажнении (на 15-50%), загрязнении (особенно токопроводящими веществами). Снижается сопротивление человека при ухудшении его состояния - утомление, голод, болезнь, опьянение увеличивают риск тяжелого поражения.

Сопротивление тела человека сильно зависит от приложенного напряжения, длительности протекания тока, рода и частоты тока.



При длительном протекании тока сопротивление тела снижается за счет усиления кровообращения под электродами, потовыделения. При небольших напряжениях (20-30 в) за 1-2 минуты сопротивление снижается на 25% и более (при более высоких напряжениях снижение более значительное).

В результате увеличения частоты тока Z_h уменьшается (из-за снижения емкостного сопротивления) и в пределе (при $f=\infty$) стремится к $R_{вн}=300$ Ом.

Следовало бы считать, что увеличение частоты приведет к повышению опасности поражения током. В действительности оказалось что это предположение справедливо лишь в диапазоне 0-50Гц, дальнейшее повышение частоты (несмотря на рост тока из-за снижения сопротивления тела) сопровождается снижением опасности поражения, и полностью исчезает при частоте 450-500Гц. Т.е. ток такой частоты не может вызвать смертельного поражения из-за прекращения работы сердца, легких. Сохраняется опасность ожогов.

Основными параметрами, от которых зависит исход поражения человека электрическим током являются напряжение, значение тока и длительность его воздействия.

ГОСТ 12.1.000-88 "ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов".

Аварийный режим в производственных установках

		t,c										
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	>1
Переменный 50Гц	Uпр	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	Ih доп	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Постоянный	Uпр	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	Ih доп	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	15

В качестве критериев электробезопасности определяет следующие параметры и их значения:

1. длительность воздействия тока на человека – t, c

2. Предельный нефибрилляционный ток, который с вероятностью 99.5% не вызывает фибрилляции у подопытных животных (вес тела и сердца которых примерно соответствует человеку) - I_h доп, мА
 3. Максимально - допустимое напряжение прикосновения, приложенное к человеку - Упр доп, В
- Наибольшие допустимые напряжения прикосновения Упр и токи I_h при нормальном режиме работы электроустановки

	Упр В	I_h мА	Эти нормы установлены для продолжительности действия не более 10 минут в сутки.
Переменный 50 Гц	2	0.3	
Постоянный	8	1.0	

3. Перечислите последовательность и содержание действий при оказании до врачебной помощи пострадавшему от электротравмы.

Первая помощь при электротравме.

1. Пострадавшего быстро освободить от воздействия электрического тока, отключив ток, или отделив человека от контакта с источником с помощью изолирующего предмета (сухая одежда, палка и т.д.). При напряжении более 1000 В пользоваться только изолирующими средствами.
2. Если пульс и дыхание у человека устойчивы, то обеспечить свежий воздух, покой.
3. Если дыхание отсутствует или неустойчиво (дышит со всхлипами), то необходимо проводить искусственное дыхание. При отсутствии пульса необходим непрямой массаж сердца.
4. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

Искусственное дыхание проводится активным методом- выдохом воздуха из своих легких в легкие пострадавшего ("изо рта в рот"). В выдыхаемом воздухе содержится около 18% кислорода (во вдыхаемом около 21%).

Перед началом запрокинуть голову пострадавшего назад, а затем 10-12 раз в минуту резко выдыхать воздух в его легкие. Выдох пострадавший производит самостоятельно за счет сжатия грудины.

Непрямой массаж сердца.

При надавливании грудины человека она сжимает сердце, выталкивает тем самым кровь из сердца в кровеносные сосуды. При отпуске грудины кровь вновь входит в сердце. Частота надавливаний - 60 раз в минуту. Место надавливания – на 1-2 см выше окончания грудины.

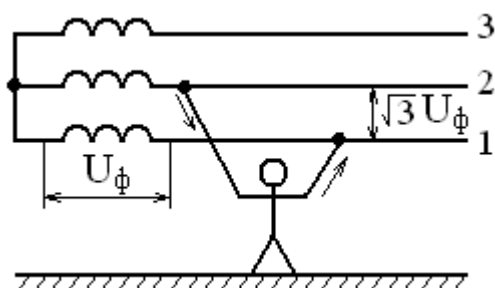
Проверка эффективности проводится прекращением помощи на несколько секунд. При самостоятельном дыхании и пульсе помощь не возобновляют. В противном случае её продолжают до прибытия врача.

Признаками оживления являются: цвет лица - розовый, дыхание устойчивое, сужение зрачков (указывает на питание мозга кислородом).

Врач возобновляет нормальную работу сердца с помощью дефибрилятора: 2 электрода на область сердца накладывают со стороны груди и спины. Осуществляют разряд конденсатора за время 0.01 мс при напряжении 4.5-6 кВ. Этим обеспечивается ток значением 15-20 А, который прекращает хаотическое сокращение сердца, восстанавливает ритмичные.

4. Привести схемы и аналитические выражения тока через человека, характеризующие опасность однофазного и двухфазного прикосновений в трехфазной сети с изолированной нейтралью.

1. Двухфазное (двухполюсное) прикосновение к токоведущим частям.

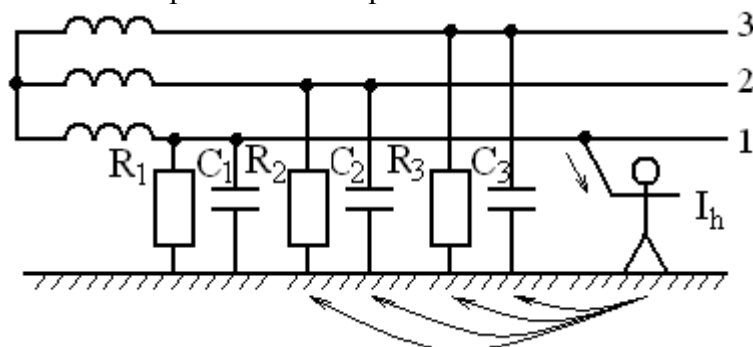


При прикосновении к двум точкам с U образуется замкнутая электрическая цепь и через тело человека проходит ток. Его величина зависит от параметров сети и R_h .

$$I_h = \frac{U_A}{R_h} = \frac{\sqrt{3}U_{\Phi}}{R_h}, (3) \quad \text{для } U_{\Phi} = 220B \quad I_h = 380mA$$

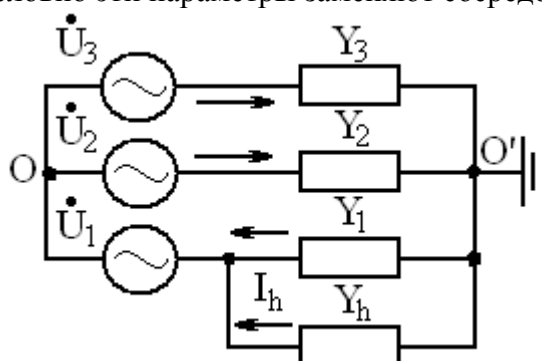
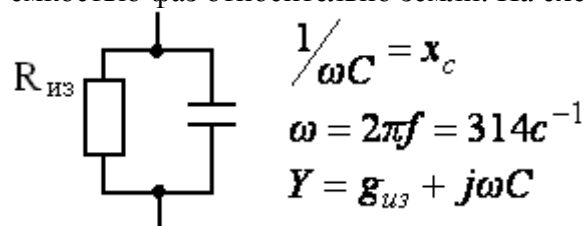
и $R_h = 1000Om$ ток смертельно опасен

сеть с изолированной нейтралью:



Цепь тока замыкается через тело человека, землю и далее через сопротивления изоляции и емкости фаз.

R и C распределенные в сети параметры, обусловленные активной проводимостью изоляции и емкостью фаз относительно земли. На схемах условно эти параметры заменяют сосредоточенными.



Определим ток I_h через тело человека.

В симметричном режиме сети

$$Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y$$

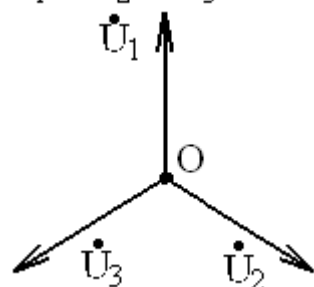
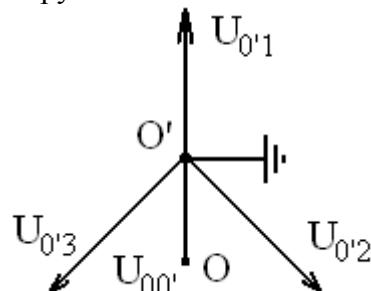


Рис. 8.

В случае прикосновения человека, напр., к первой фазе симметрия нарушается



Послед. соедин. R, L, C
компл. сопр.

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = R + jx$$

$$z = |Z| = \sqrt{R^2 + x^2}$$

Паралл. соедин. R, L, C
компл. провод.

Человек оказывается под напряжением $\dot{U}_{0'1}$. Найдем $\dot{U}_{00'}$, т.е. потенциал нейтрали относительно земли. Согласно известному методу двух узлов напряжение между ними (в нашем случае между землей и нейтральной точкой) равно:

$$\dot{U}_{00'} = \frac{\dot{U}_1(Y_1 + Y_h) + \dot{U}_2 Y_2 + \dot{U}_3 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_h + Y_H}, (5)$$

$$\begin{aligned} Y &= g - j\left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right) = \\ &= g - jb \\ y &= |Y| = \sqrt{g^2 + b^2} \\ \varphi &= \arctg \frac{b}{g} \end{aligned}$$

С учетом того, что $Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y$ и $\dot{U}_1 = U_\Phi$, $\dot{U}_2 = a^2 U_\Phi$,

$\dot{U}_3 = a U_\Phi$ (где $a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ фазный оператор) можно записать (после

преобразований)

$$\dot{U}_{00'} = U_\Phi \frac{Y_h}{3Y + Y_h + Y_H}, (6)$$

Ток через тело человека.

$$I_h = \frac{\dot{U}_{0'1}}{R_h} = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_{00'}}{R_h} = \frac{U_\Phi}{R_h} \cdot \frac{3Y}{3Y + Y_h} = \frac{3U_\Phi}{\frac{3}{Y_h} + \frac{1}{Y}}, (7)$$

Или (выражая через сопротивления R_{u3} и X_c)

где Z – комплексное сопротивления изоляции провода относительно земли

$$I_h = \frac{3U_\Phi}{3R_h + Z}, (8)$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{\frac{1}{R_{u3}} + j\omega C}$$

В действительной форме этот ток равен

$$I_h = \frac{U_\Phi}{R_h} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_{u3}(R_{u3} + 6R_h)}{9R_h^2(1 + R_{u3}^2 \omega^2 C^2)}}}, (9)$$

Частные случаи.

а) $R_1 = R_2 = R_3 = R_{u3}$; $C \rightarrow 0$ (короткие линии) тогда $Y = \frac{1}{R_{u3}}$, $Z = R_{u3}$.
Ток через человека в действительной форме равен

$$I_h = \frac{3U_\Phi}{3R_h + R_{u3}}, (10)$$

б) $C_1 = C_2 = C_3 = C$ и $R_{из} \rightarrow \infty$ (что может иметь место в кабельных сетях)

$$Y = j\omega C = \frac{j}{x_c}, \quad Z = 1/Y = -jx_c$$

тогда,

Ток через человека в действительной форме равен

$$I_h = \frac{3U_\Phi}{\sqrt{9R_h^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}, \quad (11)$$

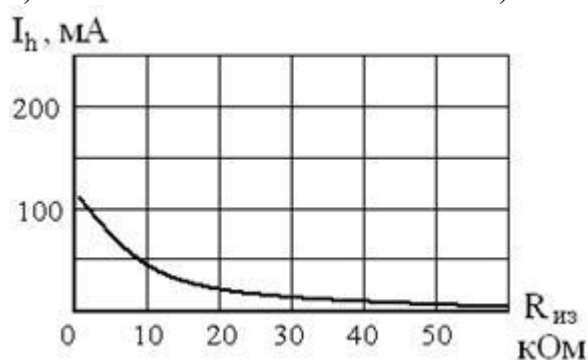
В ПУЭ нормируется $R_{из}$ на 1 фазу на одном участке:

- силовая электропроводка $R_{из.дон} \geq 0,5 M\Omega$;

- цепи управления, вторичная коммутация $R_{из.дон} \geq 1 M\Omega$.

Для случаев а) и б) изменение тока через тело человека в зависимости, соответственно, от $R_{из}$ и C показано на рисунках:

а)



б)

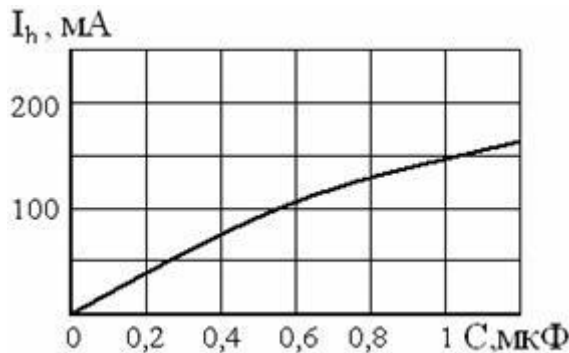


Рис.9. Зависимость I_h от $R_{из}$ и C .

Для определения критического сопротивления изоляции (из расчета длительно – допустимого тока –

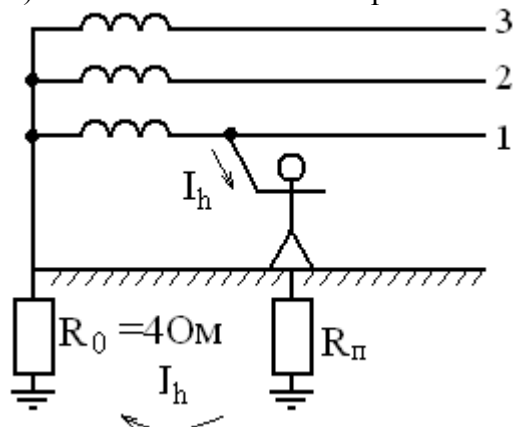
$$R_{из.кр} = \frac{3U_\Phi - 3R_h I_{h.дон}}{I_{h.дон}}$$

для 3с $I_{h.дон} = 6mA$) используют выражение (10)

5. Анализ однофазного и двухфазного прикосновений человека в трехфазной сети с заземленной нейтралью. Привести схемы и аналитические выражения тока I_h .

Однофазное прикосновение к токоведущим частям.

а) сеть с заземленной нейтралью:



$$I_h = \frac{U_\Phi}{R_h + R_n + R_0}, \quad (4)$$

при сопротивлении поля $R_n \rightarrow 0$ ток в этом случае смертельно опасен.

$$I_h \cong \frac{U_\Phi}{R_h} = \frac{220}{1000} = 220mA$$

6. Защитное заземление: определение, область применения, принцип действия, защитные функции. Электрическая схема заземления.

Защитное заземление.

Однофазные замыкания на корпус создают опасные потенциалы на нем и возле него из-за растекания тока с основания на землю. Существуют три способа защиты от поражения:

- автоматическое отключение за время менее допустимого; этот способ называется защитным отключением;
- снижение потенциала на корпусах до допустимой величины путем защитного заземления;
- зануление – обеспечивает автоматическое отключение и снижение потенциала на корпусах до допустимой величины.

В сетях с изолированной нейтралью токи замыкания (в случае попадания напряжения на корпус) недостаточны по величине для срабатывания автоматического отключения. Поэтому в таких сетях используют защитное заземление.

Нормирование заземлений по *ГОСТ 12.1.030-81*. Заземление применяется при $U \leq 1000B$ в сетях с изолированной нейтралью, при $U \geq 1000B$ - в сетях с любым режимом нейтрали.

Заземление обязательно при $U \geq 500B$ во всех случаях; при $U \geq 36B$ в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью; независимо от U во взрывоопасных помещениях.

С целью обеспечения надежного контакта с землей корпуса, оболочки машин, аппаратов соединяют с заземлителем, находящимся в земле.

В этом случае при попадании фазы на корпус он окажется под напряжением $U_3 = I_3 R_3, (15)$

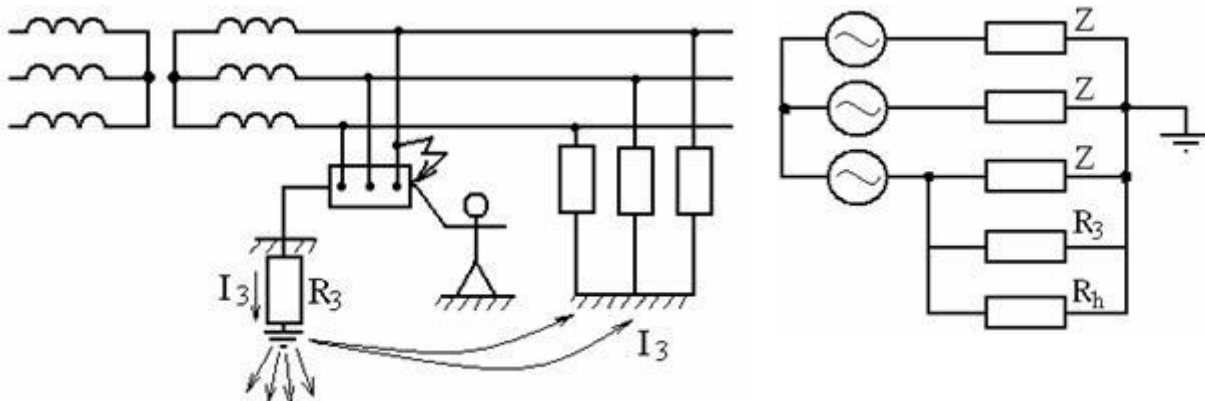


Рис.15.Схема заземления: а) принципиальная, б) замещения.

Ток через тело человека при прикосновении к корпусу будет равен.

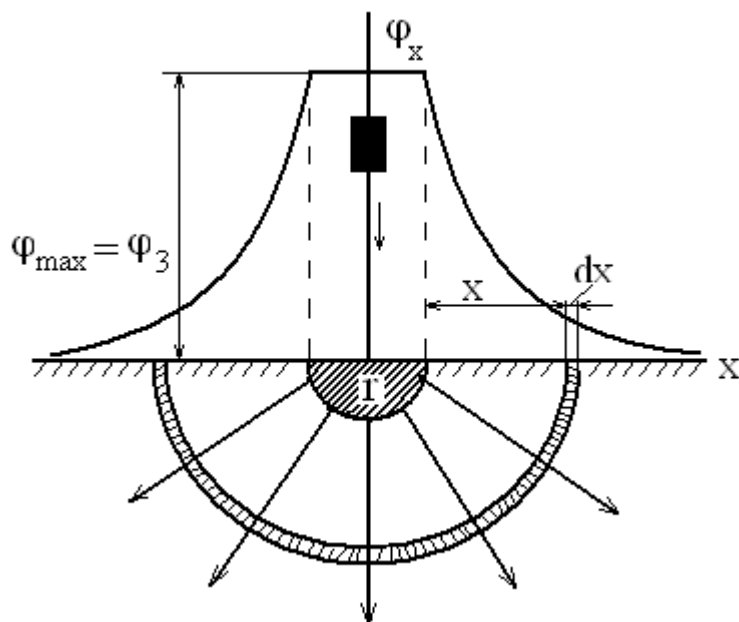
$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h}, (16)$$

Чем меньше R_3 , тем меньше ток I_h .

?? надо ли

Потенциал и сопротивление заземлителей.

Рассмотрим методику определения распределения потенциала в зоне растекания тока с заземленного корпуса и сопротивления заземлителя на примере полусферического заземлителя(считаем грунт однородным, а значит растекание тока замыкания равномерным по радиальным направлениям).



В грунте под воздействием растекающегося тока создается электрическое поле с напряженностью E . Плотность тока δ (дельта) убывает по мере роста диаметра

$$\delta = \frac{I_3}{2\pi(r+x)^2}$$

полусферы

Рис.16.

Напряженность электрического поля определяется по выражению:

$$E = \frac{dU}{dx}; \quad E = \rho\delta = \rho \frac{I_3}{2\pi(r+x)^2}; \quad d\varphi = E dx \quad \varphi_x = \int_{r+x}^{\infty} E dx;$$

$$\varphi_x = \int_x^{\infty} dU = \int_x^{\infty} E dx$$

$$\varphi_x = \frac{I_3 \rho}{2\pi(r+x)}, (17)$$

Потенциал земли равен

т.е. он убывает по гиперболическому закону с увеличением расстояния x .

Из анализа зависимости $\varphi_x(x)$ следует:

- при $x \rightarrow \infty$ $\varphi_x \rightarrow 0$. (зоной нулевого потенциала называется участок земли, где φ малозаметен - $x \geq 20m$);

- при $x \rightarrow 0$, $\varphi_x \rightarrow \varphi_{\max} = \varphi_3$

$$U_3 = \varphi_3 - 0 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}, (18)$$

Напряжение зз. называется падение напряжения на сопротивлении земли между зз. и зоной нулевого потенциала. Сопротивлением заземления называется сопротивление земли возле зз:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{\rho}{2\pi r}, (19)$$

Сопротивление зз. зависит от ρ грунта, формы зз. и его размеров.

Приближенные значения ρ

Вода, грунт

Морская вода

ρ , Ом*м

0,2 - 1

Электрическое сопротивление характеризуется	сопротивление грунта его
---	--------------------------

Речная вода	10 - 100
Глина	8 - 70
Суглинок	40 - 150
Песок	400 - 700
Каменистый	500 - 800

объемным	удельным
сопротивлением ρ ,	т.е.
сопротивлением	куба
грунта с ребром длиной 1м	
или 1см.	единица ρ -
1Ом*м	

При расчете зз. ρ измеряют на месте их сооружения.

Сопротивление одиночных заземлителей.

В качестве таких зз. применяют :

- а) вертикальные электроды длиной $l = 3 \div 10 \text{ м}$, диаметром $d = 0,012 \div 0,02$ (трубы при $l \geq 50d$)

$$R_{з.в.} \approx \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}; (\text{при } l \geq 50d), \quad (20)$$

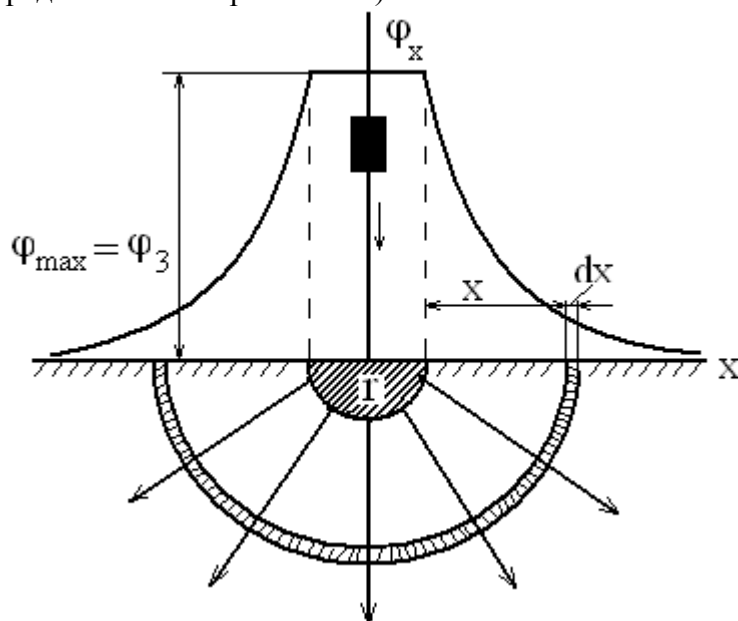
- б) горизонтальные полосы, их закладывают в траншеи глубиной $t = 0,5 \div 0,8 \text{ м}$; L – длина полосы; b – ширина

$$R_{з.г.} \approx \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bt}, \quad (21)$$

7. Явление при стекании тока в землю с полусферического заземлителя. Аналитические выражения для потенциала заземлителя, напряжения прикосновения, напряжения шага. Сопротивление заземлителя растеканию тока?

Потенциал и сопротивление заземлителей.

Рассмотрим методику определения распределения потенциала в зоне растекания тока с заземленного корпуса и сопротивления заземлителя на примере полусферического заземлителя (считаем грунт однородным, а значит растекание тока замыкания равномерным по радиальным направлениям).



В грунте под воздействием растекающе-гося тока создается электрическое поле с напряженностью E. Плотность тока δ (дельта) убывает по мере роста диаметра

$$\delta = \frac{I_3}{2\pi(r+x)^2}$$

полусферы

Рис.16.

Напряженность электрического поля определяется по выражению:

$$E = \frac{dU}{dx}; \quad E = \rho\delta = \rho \frac{I_3}{2\pi(r+x)^2}; \quad d\varphi = E dx \quad \varphi_x = \int_{r+x}^{\infty} E dx;$$

$$\varphi_x = \int_x^{\infty} dU = \int_x^{\infty} E dx$$

$$\varphi_x = \frac{I_3 \rho}{2\pi(r+x)}, (17)$$

Потенциал земли равен

т.е. он убывает по гиперболическому закону с увеличением расстояния x .

Из анализа зависимости $\varphi_x(x)$ следует:

- при $x \rightarrow \infty$ $\varphi_x \rightarrow 0$. (зоной нулевого потенциала называется участок земли, где φ малозаметен - $x \geq 20m$);
- при $x \rightarrow 0$, $\varphi_x \rightarrow \varphi_{\max} = \varphi_3$

$$U_3 = \varphi_3 - 0 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}, (18)$$

Напряжение зз. называется падение напряжения на сопротивлении земли между зз. и зоной нулевого потенциала. Сопротивлением заземления называется сопротивление земли возле зз:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{\rho}{2\pi r}, (19)$$

Сопротивление зз. зависит от ρ грунта, формы зз. и его размеров.

Приближенные значения ρ		Электрическое сопротивление грунта характеризуется его объемным удельным сопротивлением ρ , т.е. сопротивлением куба грунта с ребром длиной 1м или 1см. единица ρ - 1Ом*м
Вода, грунт	ρ , Ом*м	
Морская вода	0,2 - 1	
Речная вода	10 - 100	
Глина	8 - 70	
Суглинок	40 - 150	
Песок	400 - 700	
Каменистый	500 - 800	

При расчете зз. ρ измеряют на месте их сооружения.

Сопротивление одиночных заземлителей.

В качестве таких зз. применяют :

- а) вертикальные электроды длиной $l = 3 \div 10m$, диаметром $d = 0,012 \div 0,02$ (трубы при $l \geq 50d$)

$$R_{з.в.} \approx \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}; (при l \geq 50d), (20)$$

- б) горизонтальные полосы, их закладывают в траншеи глубиной $t = 0,5 \div 0,8m$; L – длина полосы; b – ширина

$$R_{з.г.} \approx \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bt}, (21)$$

Напряжение прикосновения и шага.

U_{np} - это разность потенциалов двух точек цепи тока, которых одновременно касается человек.

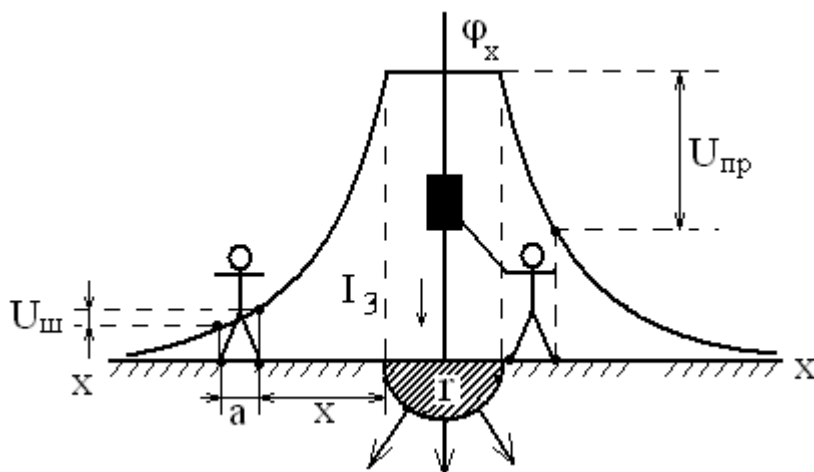


Рис.20. К определению $U_{пр}$ и $U_{ш}$ в зоне полусферического зз.

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_x = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+x} \right), (26)$$

В сложных зз. $U_{пр}$ определяется как часть φ_3 :

$$U_{пр} = a_{пр} \varphi_3$$

где $a_{пр} = f(S, L, l, t, \rho, \dots) \leq 1$ - коэффициент (еще b, d, x) напряжения прикосновения определяется из таблиц (он учитывает форму потенциальной кривой).

Напряжением шага называется разность потенциалов двух точек в местах опоры ступеней ног.

$$U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r+x} - \frac{1}{r+x+a} \right), (27)$$

где $a = 0,8 \div 1 м$ - длина шага.

8. Методы контроля изоляции. Электрические схемы непрерывного контроля изоляции.

Контроль изоляции.

Для контроля применяют:

1. Измерение $R_{из}$ в отключенной установке один раз в год, а также вне очереди при обнаружения дефектов и после ремонта.

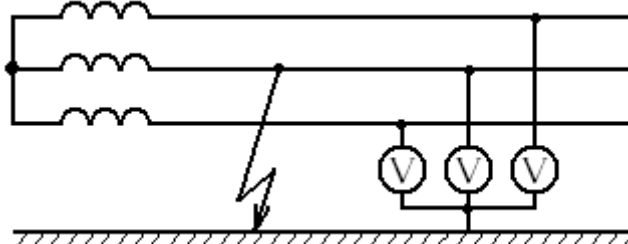
$$R_{из} \geq R_{из. доп}$$

2. Испытание повышенным напряжением в отключенной установке, т.е. испытывают эл. прочность изоляции (способность выдерживать рабочее напряжение) и выявляют дефекты.

$$U_{исп} = 2 \div 3 U_{ном} \text{ в течении } 1 \text{ минуты}$$

3. Непрерывный контроль и измерение $R_{из}$ без отключения рабочего напряжения.
 - а) Метод 3-х вольтметров.

Рис.10.



В сеть между каждой фазой и землей включают вольтметры с большим омическим сопротивлением. Способ наиболее простой, но имеет недостатки:

- схема не реагирует на симметричное снижение $R_{из}$ всех фаз;
- на показания вольтметров оказывают влияние емкостные составляющие сопротивлений изоляции.

б) Метод наложения оперативного тока на рабочий.

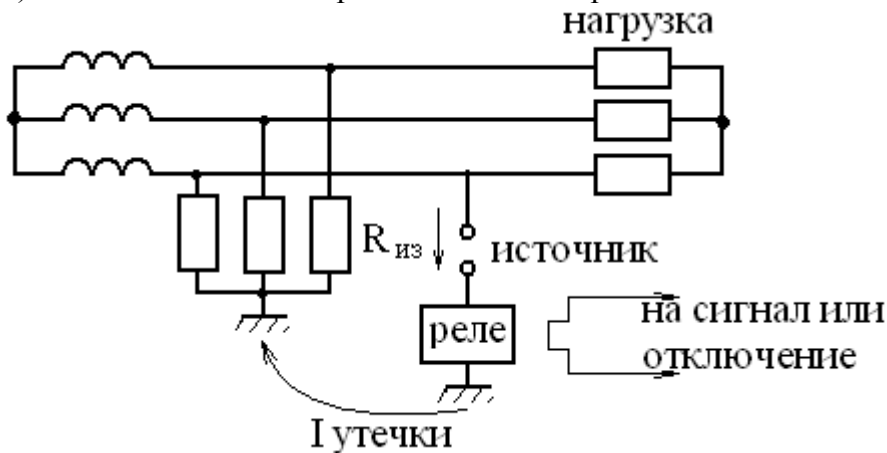


Рис.11.

Ток утечки зависит от состояния изоляции $I_{ут} = f(R_{из})$

Преимущества: схема реагирует на симметричное и несимметричное снижение $R_{из}$; имеется сигнализация о предельно – допустимом снижении $R_{из}$; входное сопротивление схемы высокое, что обеспечивает надежность.

9. Виды изоляции, нормирование ее сопротивления. Понятие критического сопротивления изоляции.

Слой диэлектрика, которым покрывают поверхность токоведущих элементов, или конструкция из непроводящего материала, с помощью которой токоведущие части отделяются от остальных частей электрооборудования. Выделяют следующие виды изоляции:

- рабочая — электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током;
- дополнительная — электрическая изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции;
- двойная — изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции;
- усиленная — улучшенная рабочая изоляция, которая обеспечивает такую же защиту от поражения электрическим током, как и двойная изоляция;
- сопротивление изоляции должно быть не менее 0.5 МОм.

10. Зануление: определение, область применения, защитная функция, принцип действия, условия эффективности, требование к занулению, электрическая схема.

Зануление.

Зануление применяют в сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000В.

Назначение зануления - устранение опасности поражения током в случае прикосновения к металлическим нетоковедущим частям, оказывающимся под напряжением.

Принцип действия защиты занулением заключается в автоматическом отключении поврежденного участка и одновременно – в снижении φ_3 корпуса на время, пока не сработает отключающий аппарат (тах токовая защита).

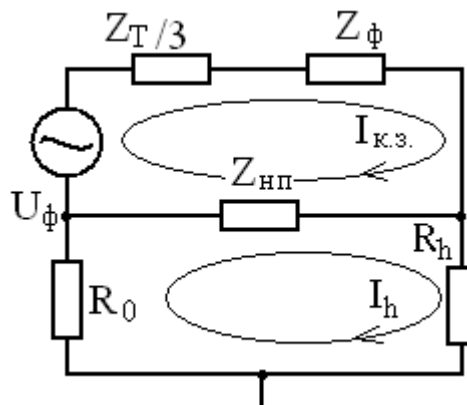
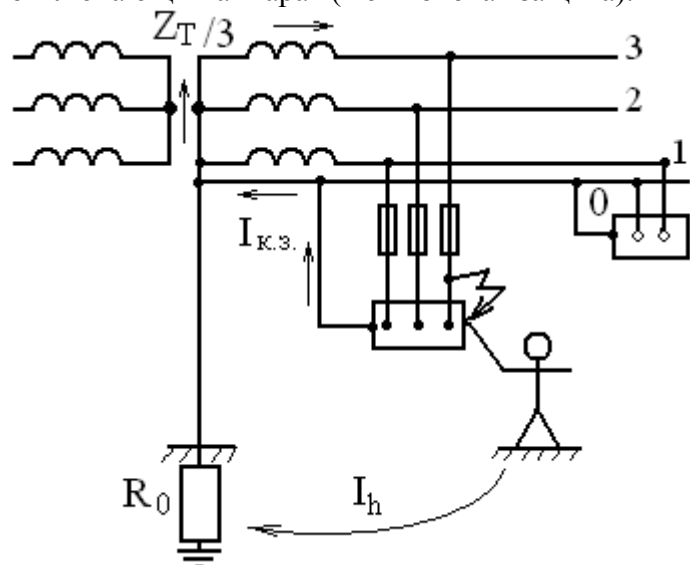


Рис.23. Схема зануления
а) принципиальная;
б) замещения.

Основные требования к занулению – обеспечить надежное и быстрое (доли секунды) срабатывание защиты для отключения поврежденного оборудования. Для этого необходимо обеспечить условие:

$$I_{к.з.} \geq k \cdot I_{ном},$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток плавного предохранителя или ток установки (срабатывания) автоматического отключения аппарата;

k – коэффициент надежности срабатывания.

Нормирование зануления (ГОСТ 12.1.030 - 81):

а) Сопротивление нулевого проводника

$$Z_{н.н.} \leq 2Z_{\phi},$$

б) сопротивление рабочего заземлителя

$$R_0 \leq 2 - 4 - 8 \text{ Ом, (при } U_{ном} = 660 - 380 - 220 \text{ В соответственно)}$$

в) коэффициент надежности:

- для плавких выключателей $k \geq 3$;

- для автоматических выключателей с электромагнитным расцепителем (осечкой) $k = 1,25 - 1,4$.

Расчет зануления.

Заключается в выборе нулевого защитного проводника с сопротивлением, обеспечивающим требуемый ток короткого замыкания и выборе отключающего аппарата, время срабатывания которого $t_{откл.} \leq t_{доп.}$.

Ток к.з. в комплексной форме

$$I_{к.з.} = \frac{\dot{U}_{\phi}}{Z_{Т/3} + Z_{\phi} + Z_{н.н.} + x_{\phi.-н.н.}} = \frac{\dot{U}_{\phi}}{Z_{Т/3} + Z_n}$$

Z_T - сопротивление трансформатора комплексное (принимается из таблицы).

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\left| \frac{Z_T}{3} \right| + |Z_n|}$$

В расчетах допустимо использовать формулу:

$$|Z_n| = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.н.})^2 + (x_{\phi} + x_{н.н.} + x_{\phi.-н.н.})^2},$$

где R_{ϕ} и $R_{н.н.}$ по формуле

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

где ρ - удельное сопротивление проводника для Cu – 0,018 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$, для Al – 0,028 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$; l – длина проводника (м);

S – сечение проводника (мм^2).

x_{ϕ} и $x_{н.н.}$ - для медных и алюминиевых проводников сравнительно малы ($\approx 0,0156 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$), ими можно пренебречь.

$x_{\phi.-н.н.}$ - взаимное индуктивное сопротивление петли «фаза – нулевой проводник»

$$x_{\phi.-н.н.} = \omega M = \omega \frac{\mu_r \mu_0}{\pi} l \ln \frac{2D}{d}, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}};$$

В практических расчетах удельное взаимное индуктивное сопротивление

$$x'_{\phi.-н.н.} = 0,6 \text{ Ом/км}$$

$$x_{\phi.-н.н.} = 0,6l \text{ Ом, где } l - (\text{в км})$$

При прокладке нулевых проводов кабелем или в стальных трубах $x_{\phi.-н.н.}$ можно пренебречь.

Без защитного зануления $U_k = U_{\phi}$; с занулением $U_k = I_{к.з.} |Z_{н.пр.}|$.

Для выбранного нулевого защитного проводника ток через человека

$$I_h = \frac{I_{к.з.} |Z_{н.пр.}|}{R_h} = \frac{I_{к.з.} R_{н.пр.}}{R_h}$$

$$t_{откл.} \leq \frac{50}{I_h}$$

Время отключения поврежденного участка цепи

11. Методика проектирования зануления. Назначение повторного заземлителя нулевого провода.

Зануление.

Зануление применяют в сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000В.

Назначение зануления - устранение опасности поражения током в случае прикосновения к металлическим нетоковедущим частям, оказывающимся под напряжением.

Принцип действия защиты занулением заключается в автоматическом отключении

поврежденного участка и одновременно – в снижении φ_3 корпуса на время, пока не сработает отключающий аппарат (тах токовая защита).

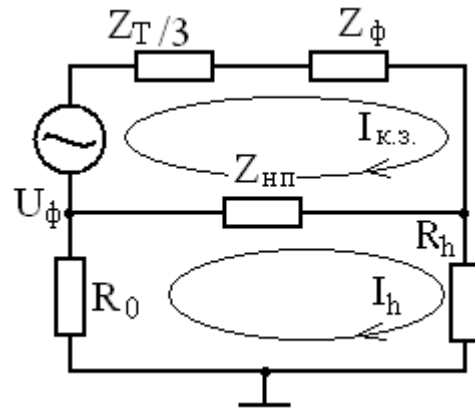
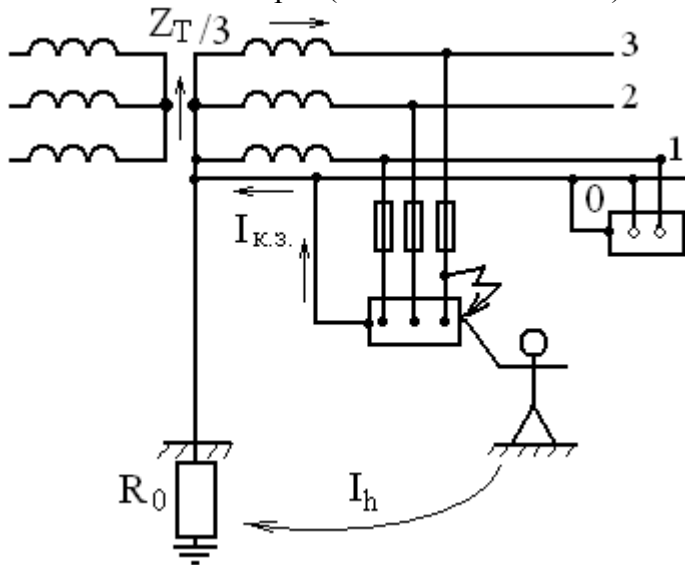


Рис.23. Схема зануления
а) принципиальная;
б) замещения.

Основные требования к занулению – обеспечить надежное и быстрое (доли секунды) срабатывание защиты для отключения поврежденного оборудования. Для этого необходимо обеспечить условие:

$$I_{к.з.} \geq k \cdot I_{ном},$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток плавного предохранителя или ток установки (срабатывания) автоматического отключения аппарата;

k – коэффициент надежности срабатывания.

Нормирование зануления (ГОСТ 12.1.030 - 81):

а) Сопротивление нулевого проводника

$$Z_{н.п.} \leq 2Z_{\phi},$$

б) сопротивление рабочего заземлителя

$$R_0 \leq 2 - 4 - 8 \text{ Ом, (при } U_{ном} = 660 - 380 - 220 \text{ В соответственно)}$$

в) коэффициент надежности:

- для плавких выключателей $k \geq 3$;

- для автоматических выключателей с электромагнитным расцепителем (осечкой) $k = 1,25 - 1,4$.

Расчет зануления.

Заключается в выборе нулевого защитного проводника с сопротивлением, обеспечивающим требуемый ток короткого замыкания и выборе отключающего аппарата, время срабатывания которого $t_{откл.} \leq t_{доп.}$

Ток к.з. в комплексной форме

$$\dot{I}_{к.з.} = \frac{\dot{U}_{\phi}}{Z_{Т/3} + Z_{\phi} + Z_{н.п.} + x_{\phi.-н.п.}} = \frac{\dot{U}_{\phi}}{Z_{Т/3} + Z_n}$$

Z_T – сопротивление трансформатора комплексное (принимается из таблицы).

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\left| Z_{Т/3} \right| + \left| Z_n \right|}$$

В расчетах допустимо использовать формулу:

$$|Z_n| = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.н.})^2 + (x_{\phi} + x_{н.н.} + x_{\phi.-н.н.})^2},$$

где R_{ϕ} и $R_{н.н.}$ по формуле

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

где ρ – удельное сопротивление проводника для Cu – 0,018 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$, для Al – 0,028 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
 l – длина проводника (м);

S – сечение проводника (мм^2).

x_{ϕ} и $x_{н.н.}$ – для медных и алюминиевых проводников сравнительно малы ($\approx 0,0156 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$), ими можно пренебречь.

$x_{\phi.-н.н.}$ – взаимное индуктивное сопротивление петли «фаза – нулевой проводник»

$$x_{\phi.-н.н.} = \omega M = \omega \frac{\mu_r \mu_0}{\pi} l \ln \frac{2D}{d}, \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Гн/м};$$

В практических расчетах удельное взаимное индуктивное сопротивление

$$x'_{\phi.-н.н.} = 0,6 \text{ Ом/км}$$

$$x_{\phi.-н.н.} = 0,6l \text{ Ом, где } l \text{ – (в км)}$$

При прокладке нулевых проводов кабелем или в стальных трубах $x_{\phi.-н.н.}$ можно пренебречь.

Без защитного зануления $U_k = U_{\phi}$; с занулением $U_k = I_{к.з.} |Z_{н.нр.}|$.

Для выбранного нулевого защитного проводника ток через человека

$$I_h = \frac{I_{к.з.} |Z_{н.нр.}|}{R_h} = \frac{I_{к.з.} R_{н.нр.}}{R_h}$$

$$t_{откл.} \leq \frac{50}{I_h}$$

Время отключения поврежденного участка цепи

Повторные заземлители.

Применяют для снижения напряженности на корпусе относительно земли в момент прохождения тока к.з. и особенно при обрыве нулевого защитного проводника. Повторное заземление выполняют путем заземления нулевого защитного проводника на вводе здания и на концах питающей ЛЭП. Общее сопротивление повторных заземлителей нулевого защитного проводника должно быть:

$$R_n \leq 5 - 10 - 20 \text{ Ом, (при } U_{лин} = 660 - 380 - 220 \text{ В)}$$

Повторное и рабочее заземления действуют как делитель напряжения.

При замыкании фазы на корпус и отсутствии обрыва ток через человека при использовании повторного заземлителя

$$I_h = \frac{I_{к.з.} Z_{н.н.}}{R_h} = \frac{R_n}{R_0 + R_n}$$

При обрыве нулевого защитного проводника

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h} = \frac{R_n}{R_0 + R_n}$$

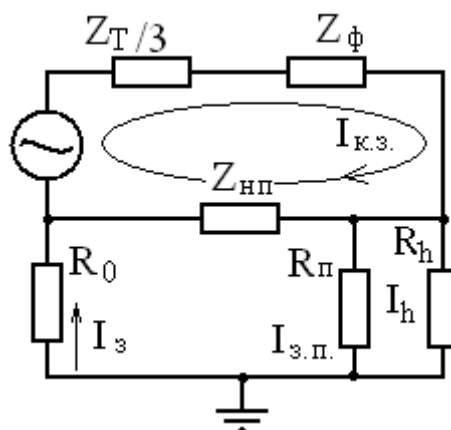
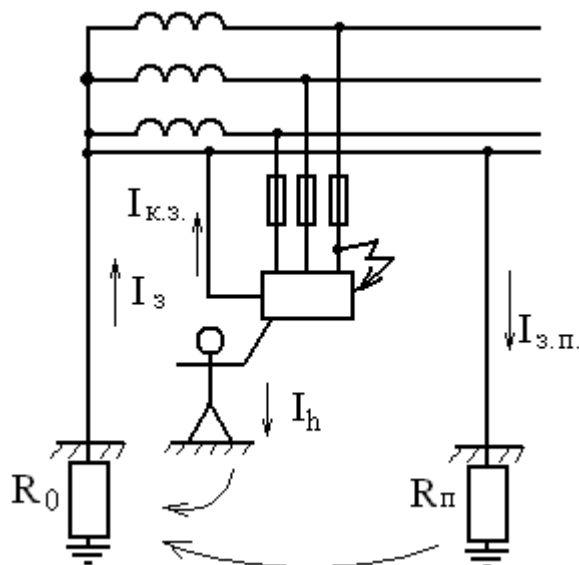


Рис.23. Схема зануления
а) принципиальная;
б) замещения.

Контроль заземления.

Не менее 1 раза в год измеряют и определяют следующие параметры: $(Z_{\Phi} + Z_{н.п.} + x_{\Phi.-н.п.})$ - сопротивление петли; $R_0; R_n; t_{откл.}$. Измеренные значения сравнивают с допустимыми по нормам.

12. Защитное отключение: определение, область применения, защитная функция, основные требования к защитному отключению.

Защитное отключение.

Защитное отключение (а.з.о.) – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении опасности поражения человека током.

В основе З.О. лежит принцип ограничения времени протекания тока через человека. Наибольшее распространение получили З.О. с $I_{уст} = 30\text{мА}$, $t_{откл} = 30\text{мс}$.

Основные требования к а.з.о.

а) быстродействие $t_{откл} \leq t_{доп}$, где $t_{доп} \leq \frac{50}{I_{н.доп}}$.

время отключения а.з.о. складывается из времени срабатывания прибора з.о. (реле $0,02 \div 0,05\text{с}$) и времени срабатывания собственного автомата ($0,06\text{с}$ электромагнитного и $0,2 \div 0,5\text{с}$ теплового) $t_{откл} = t_p + t_{отк.а.}$;

б) надежность, т.е. отсутствие отказов, а также ложных срабатываний;

в) высокая чувствительность, т.е. способность реагировать на малые изменения входного сигнала;

г) селективность – отключение только аварийного участка;

д) самоконтроль, а.з.о. могут применяться в сетях любого напряжения с любым режимом нейтрали (больше – до 1000В).

Принцип построения схем а.з.о. зависит от типа входного сигнала, поступающего к датчику:

- напряжение на корпусе (прямого действия);
- напряжение нулевой последовательности (косвенного действия);
- ток нулевой последовательности (косвенного действия);

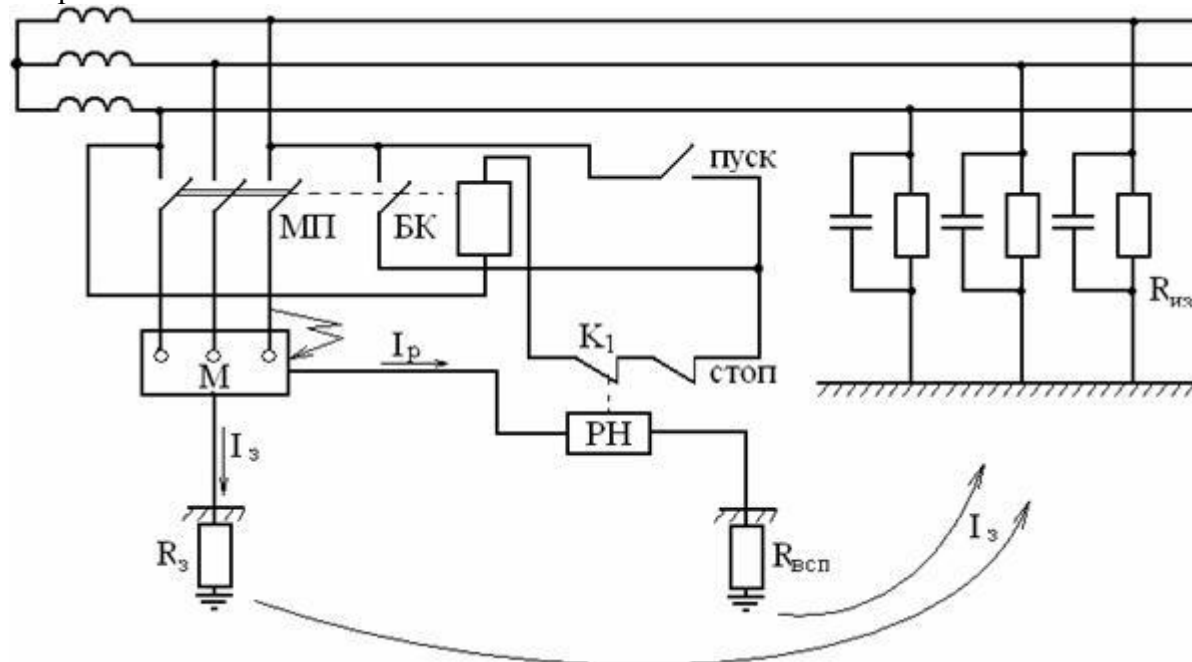
- ток замыкания на землю (прямого действия);
- комбинированные.

Применяется в СССР:

- в передвижных устройствах;
- как дополнительная мера к защите заземления и заземления;
- в электроинструментах.

Пример: удар током от прикосновения к троллейбусу (если есть утечка на корпус). Ежегодно от этого гибнет около 50 человек.

1^{ая} Схема а.з.о. (вх. сигнал – напряжение на корпусе). Схема осуществляет защиту от глухих замыканий на землю и пригодна для сетей с изолированной и заземленной нейтралью, любого напряжения.



Такие схемы могут применяться только совместно с заземлением или другими мерами защиты.

Напряжение срабатывания $U_3 = 20 \div 60 В$, при этом I_p воздействует на реле P_n , нормально – замкнутые контакты K_1 которого размыкаются и отключают МП.

Достоинства - простая.

Недостатки:

- 1) нет контроля исправности и самоконтроля;
- 2) $I_{уст}$ зависит от $R_{всп}$;
- 3) трудности с селективностью при общем заземлении;
- 4) требуются вспомогательные заземления.

2^{ая} Схема а.з.о. (входной сигнал – ток нулевой последовательности). В этой схеме датчиком является трансформатор тока нулевой последовательности ТТНЛ. Первичная обмотка ТТНЛ – три фазных провода (1), вторичная обмотка (2) намотана на кольцевом магнитопроводе (3).

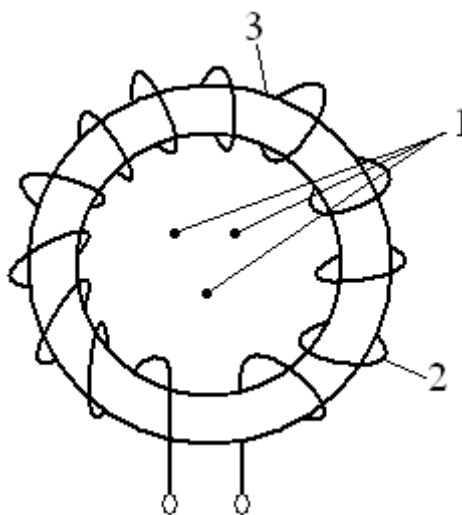
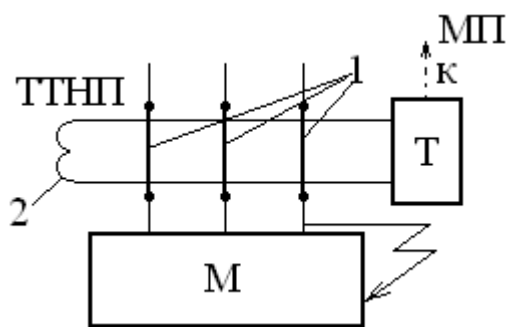


Схема а.з.о. по току н.п.

а) принципиальная

б) ТТНП

Схемы этого типа осуществляют защиту от глухих ($I_y > 30\text{mA}$) или неполных ($I_y = 10\text{mA}$) замыканий на землю.

Назначение – обеспечить безопасность при прикосновении и заземлении или занулении корпуса при попадании на него фазы или при прикосновении к токоведущим частям электроустановки.

В нормальном режиме геометрическая сумма токов трех фаз равна нулю $\sum \dot{I} = 0$. При замыкании на

корпус симметрия токов нарушается $\sum \dot{I} \neq 0$.

Реле тока Т срабатывает при $I_{cp} = 10\text{mA}$ и отключается с помощью МП оборудованное М.
Схема имеет:

- 1) высокое быстродействие;
- 2) чувствительность;
- 3) обеспечивает селективность;
- 4) не зависит от сопротивления заземления;
- 5) пригодность для схем с заземленной и изолированной нейтралью ($<1000\text{V}, >1000\text{V}$).

Прочие способы электрозащиты.

1) *Использование малого напряжения.*

- переменный ток $\leq 42\text{V}$, а в помещениях особоопасных $\leq 12\text{V}$, с повышенной опасностью $\leq 36\text{V}$;
- постоянный ток $\leq 110\text{V}$.

2) *Электрическое разделение сетей.*

Питание оборудования от специального разделительного трансформатора, который отделяет электрический приемник от первичной разветвленной протяжной сети (с большой емкостью и малым активным сопротивлением).

3) *Оградительные устройства.*

Обеспечивают недоступность токопроводящих частей для случайного прикосновения к ним.

4) *Блокировка (механическая, электрическая).*

Препятствует проникновению человека в опасную зону или устраняет опасность на время пребывания человека в этой зоне.

5) *Предписывающие плакаты.*

Предупреждающие: «Под напряжением. Опасно для жизни!»

Запрещающие: «Не влезай, убьет».

Разрешающие: «Работать здесь».

6) *Двойная изоляция.*

Состоит из рабочей и дополнительной, которая служит для защиты человека от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей. Рабочая - $0,5 \div 1\text{MOM}$.

Усиленная рабочая изоляция обеспечивает такую же защиту, как двойная – 5МОм.

7) Средства индивидуальной защиты.

Основные СИЗ выдерживают рабочее напряжение. В эл. установках до 1000В к ним относятся :

- инструмент с изолированными рукоятками;
- диэлектрические перчатки;
- указатели напряжения.

Дополнительные СИЗ защищают от напряжения шага – коврики, боты.

Производство работ в электроустановках, допуск и оформление работ строго регламентировано ПТБ.

13. Компенсация емкостных токов через человека: область применения, защитные функции, принцип действия, выражение для тока I_h .

Компенсация емкостных токов.

Протяженные сети, кабельные линии обладают большой емкостью фаз относительно земли ($C = 0,25 \div 1 \text{ мкФ}$) и большим сопротивлением изоляции фаз $R_{из} \rightarrow \infty$.

$$I_h = \frac{3U_{\Phi}}{\sqrt{9R_h^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Изменение тока I_h при увеличении C показано на рисунке 9-б. При больших емкостях фаз ток опасен даже при $R_{из} \rightarrow \infty$.

Для компенсации емкостной составляющей тока через человека в нейтраль или на каждую фазу включают индуктивное сопротивление – дроссель.

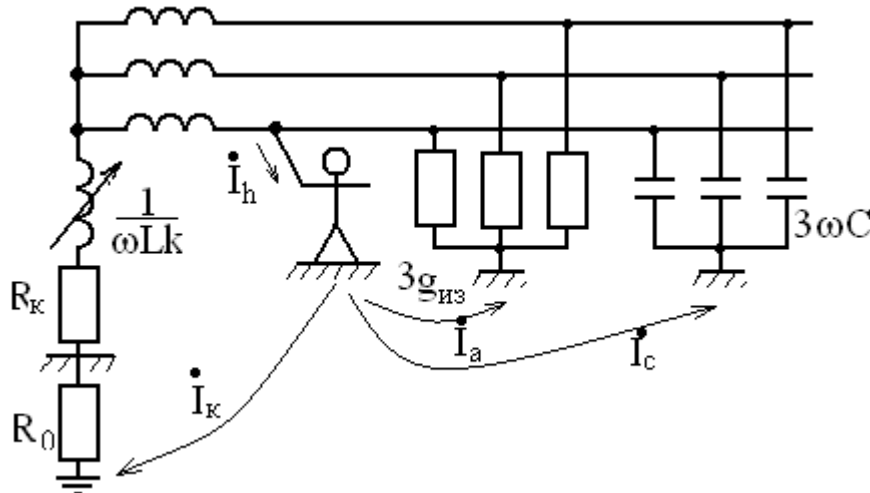
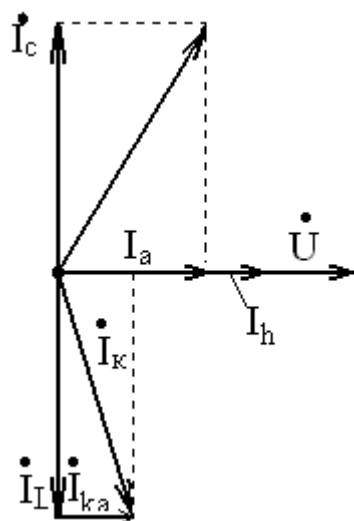


Рис.12. Схема компенсации емкостных токов.



Ток проходящий через человека, равен геометрической сумме токов:

$$\dot{I}_h = \dot{I}_a + \dot{I}_c + \dot{I}_k, (11)$$

Для компенсации емкостной составляющей необходимо: $\dot{I}_c + \dot{I}_{кр} = 0$

Из векторных диаграмм следует, что индуктивная составляющая $\dot{I}_{кр}$ отстает от емкостной $\dot{I}_c$ на 180° , т.е. находится в противофазе.

Рис.13. Векторная диаграмма токов через человека.

При полной компенсации ток I_h равен

$$I_h = \frac{U_\Phi}{R_h} \cdot \frac{3g_{uz} + g_k}{3g_{uz} + g_h + g_k}, (13)$$

где $g_k = \frac{r_n}{r_n^2 + (\omega L_k)^2}$ - проводимость дросселя ($r_n = R_k + R_0$).

Ток I_h зависит только от активных сопротивлений R_{uz} и r_n .

Требуемая для полной компенсации индуктивность дросселя находится из условия $\dot{I}_c = -\dot{I}_{кр}$.



Рис.14. Зависимость $I_h(C)$

$$U_\Phi j3\omega C = -(-j \frac{1}{\omega L_k}) U_\Phi, (14)$$

$$L_k = \frac{1}{3\omega^2 C}$$

17. Предложите в дополнение к защитному заземлению второй технический метод, обеспечивающий повышение уровня электробезопасности эксплуатации электроустановки в сети с изолированной нейтралью. Приведите общую принципиальную схему.

Назначение, принцип действия, область применения. Зануление - это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется [нулевой защитный проводник](#).

Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.

Нулевой защитный проводник следует отличать от [нулевого рабочего](#) и PEN – проводников.

Нулевой рабочий проводник – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

Совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника.

Зануление необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Область применения зануления:

- электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система TN – S; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);
- электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

Принцип действия зануления. При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя (рис. 4.10) образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

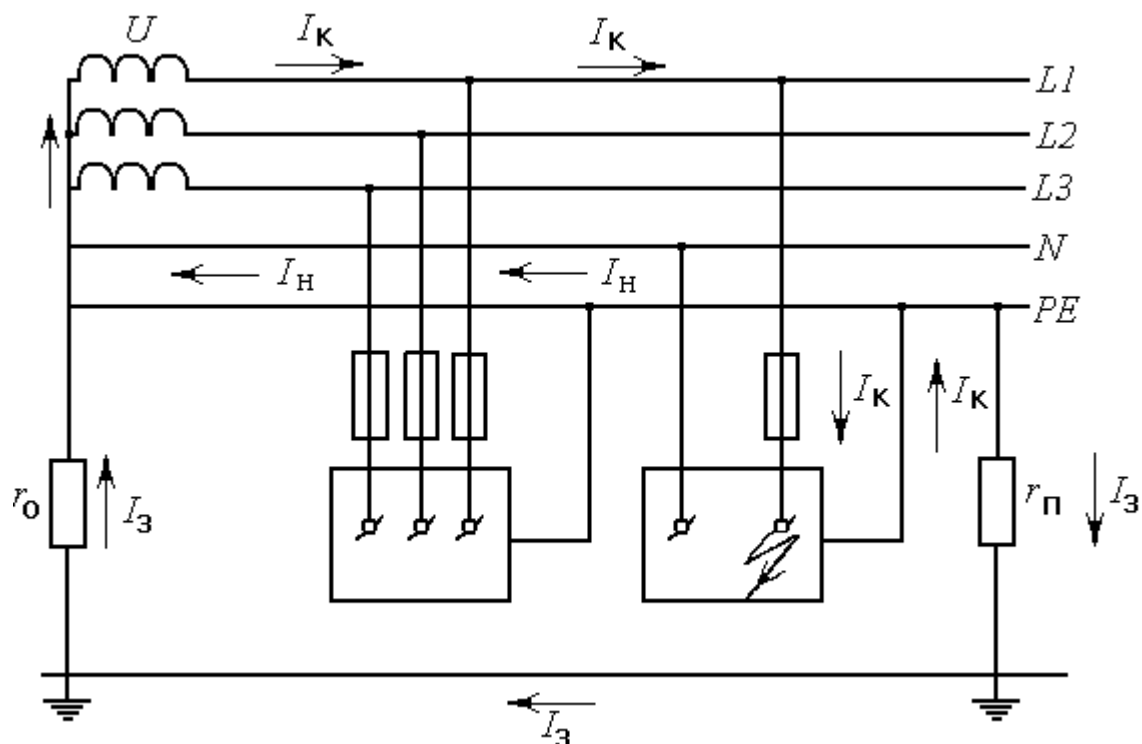


Рис. 4.6. Принципиальная схема зануления в системе TN - S

1 – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.); 2 – аппараты защиты от токов КЗ (предохранители); R_0 – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока; $R_{П}$ – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; I_K – ток КЗ; I_n – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник; I_3 – часть тока КЗ, протекающего через землю – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.); 2 – аппараты защиты от токов КЗ (предохранители); R_0 – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока; $R_{П}$ – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; I_K – ток КЗ; I_n – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник; I_3 – часть тока КЗ, протекающего через землю – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.); 2 – аппараты защиты от токов КЗ (предохранители); R_0 – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока; $R_{П}$ – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; I_K – ток КЗ; I_n – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник; I_3 – часть тока КЗ, протекающего через землю

Следовательно, зануление обеспечивает защиту от поражения электрическим током при замыкании на корпус за счет ограничения времени прохождения тока через тело человека и за счет снижения напряжения прикосновения.

18. Охарактеризуйте понятия и укажите пороговые значений ощутимого, неотпускающего и фибрилляционного токов частоты 50 Гц.

Токи поражения (ГОСТ 12.1.009-76)

Электрические токи подразделяют на ощутимые, неотпускающие и фибрилляционные.

- Ощутимый ток – электрический ток, вызывающий ощутимые раздражения при прохождении через организм человека
- Неотпускающий ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека, непреодолимое судорожное сокращение мышц руки, в которой зажат проводник, находящийся под напряжением.
- Фибрилляционный ток – вызывает при прохождении через организм фибрилляцию сердца.

Пороговый ток – наименьшее значение тока вызывающего соответствующую реакцию. Эти значения различны для переменного и постоянного токов. Кроме того, они неодинаковы для

различных людей. Пороговый ощутимый ток не вызывает поражения человека, и в этом смысле он не опасен.

Реакция	Переменный 50 Гц, мА	Постоянный, мА
Ощутимый	0.6-1.6	5-7
Неотпускающий	5-25	50-80
Фибриляционный (от 50 мА до 5 А)	67-367	290-1600
Ток вызывающий немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции	>5	>5

Однако длительное (в течение нескольких минут) прохождение этого тока через человека может отрицательно сказаться на состоянии его здоровья и поэтому недопустимо.

Точные значения безопасного тока, который длительно (в течение нескольких часов) может проходить через человека, не нанося ему вреда и не вызывая никаких ощущений, не установлены.

Пороговый неотпускающий ток условно можно считать безопасным для человека, поскольку он не вызывает немедленного поражения. Однако при длительном прохождении тока могут возникнуть серьезные нарушения работы легких и сердца, а в некоторых случаях наступает смерть.

19. Изложите классификацию помещений по степени опасности поражения электрическим током.

Классификация помещений и условий работы.

По опасности поражения током установлены 3 класса помещений и 1 класс работы на открытом воздухе (ГОСТ 12.1.007-78)

- 1 помещение с повышенной опасностью; характеризуется одним из признаков: проводящая пыль; токопроводящие полы; сырость $\geq 75\%$; температура $\geq 35^{\circ}\text{C}$ длительно (2 час. и более); возможность одновременного прикосновения к заземленным частям здания (коммуникациям) и корпусу электрооборудования.
- 2 Особоопасные помещения. Признаки: сырость 100%; химически активная среда; два и более признаков повышенной опасности.
- 3 Без повышенной опасности - отсутствуют указанные признаки.

20. Привести электрическую принципиальную схему зануления с повторным заземлением. Найти ток через человека при прикосновении к корпусу электроприбора, оказавшегося под напряжением?

Назначение повторного заземления нулевого защитного проводника

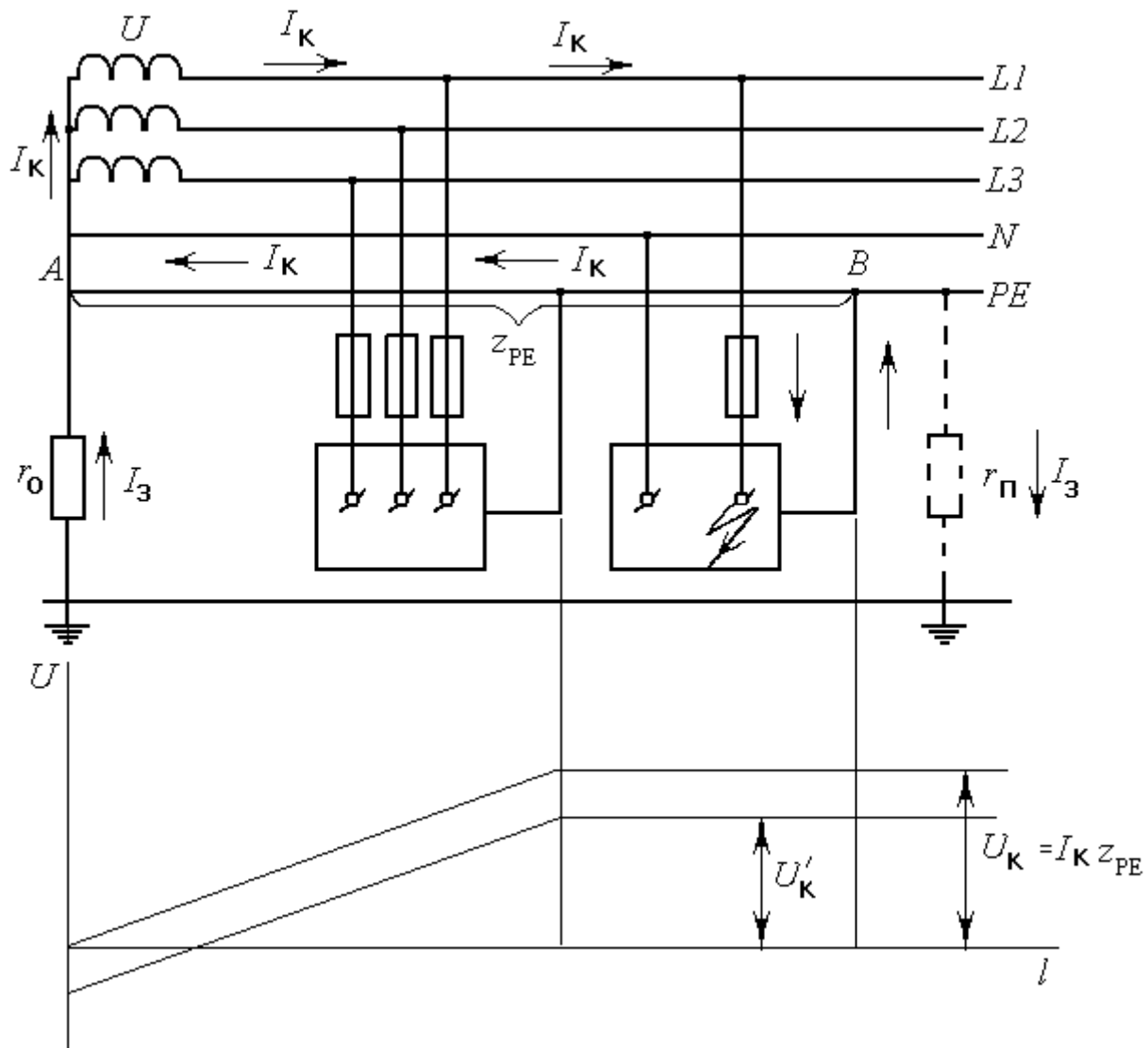


Рис. 4.9. Замыкание на корпус в системе TN-S

При замыкании фазы на корпус в сети, не имеющей повторного заземления нулевого защитного проводника (рис.4.9), участок нулевого защитного проводника, находящийся за местом замыкания, и все присоединенные к нему корпуса окажутся под напряжением относительно земли U_k , равным:

$$U_k = I_k z_{PE}, \quad (4.3)$$

где I_k – ток КЗ, проходящий по петле фаза-нуль, А; z_{PEN} – полное сопротивление участка нулевого защитного проводника, обтекаемого током I_k , Ом (т. е. участка AB).

Напряжение U_k будет существовать в течение аварийного периода, т. е. с момента замыкания фазы на корпус до автоматического отключения поврежденной установки от сети.

Если для упрощения пренебречь сопротивлением обмоток источника тока и индуктивным сопротивлением петли фаза-нуль, а также считать, что фазный и нулевой защитный проводники обладают лишь активными сопротивлениями R_{L1} и R_{PE} , то (4.3) примет вид:

$$U_k = I_k R_{PE} = \frac{U R_{PE}}{R_{L1} + R_{PE}}. \quad (4.4)$$

Если нулевой защитный проводник будет иметь повторное заземление с сопротивлением r_{Π} (на рис. 4.9 это заземление показано пунктиром), то U_k снизится до значения, определяемого формулой:

$$U'_k = I_k r_{\Pi} = \frac{U_{AB} \cdot r_{\Pi}}{r_{\Pi} + r_0}, \quad (4.5)$$

где I_3 – ток, стекающий в землю через сопротивление r_{Π} , А; $U_{ав}$ – падение напряжения в нулевом защитном проводнике на участке AB; r_0 – сопротивление заземления нейтрали источника тока, Ом.

Итак, повторное заземление нулевого защитного проводника снижает напряжение на зануленных корпусах в период замыкания фазы на корпус.

22. Привести электрическую принципиальную схему защитного заземления. Сравнить напряжения на корпусе поврежденного электрооборудования при отсутствии и наличии защитного заземления.

Защитное заземление.

Однофазные замыкания на корпус создают опасные потенциалы на нем и возле него из-за растекания тока с основания на землю. Существуют три способа защиты от поражения:

- автоматическое отключение за время менее допустимого; этот способ называется защитным отключением;
- снижение потенциала на корпусах до допустимой величины путем защитного заземления;
- зануление – обеспечивает автоматическое отключение и снижение потенциала на корпусах до допустимой величины.

В сетях с изолированной нейтралью токи замыкания (в случае попадания напряжения на корпус) недостаточны по величине для срабатывания автоматического отключения. Поэтому в таких сетях используют защитное заземление.

Заземление обязательно при $U \geq 500B$ во всех случаях; при $U \geq 36B$ в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью; независимо от U во взрывоопасных помещениях.

В этом случае при попадании фазы на корпус он окажется под напряжением $U_3 = I_3 R_3, (15)$

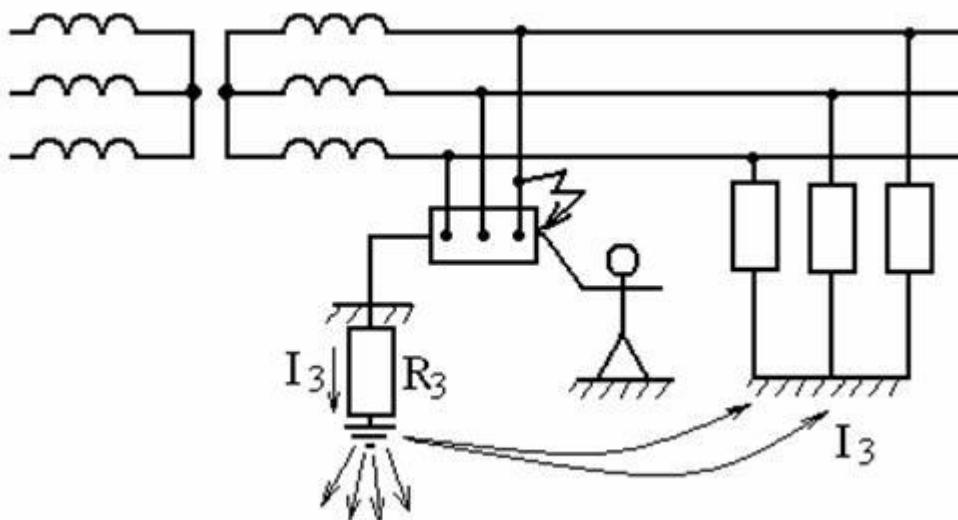


Рис.15.Схема заземления: а) принципиальная,

Ток через тело человека при прикосновении к корпусу будет равен.

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h}, (16)$$

Чем меньше R_3 , тем меньше ток I_h .

Рассмотрим два случая. Корпус электроустановки не заземлен. В этом случае прикосновение к корпусу электроустановки также опасно, как и прикосновение к фазному проводу сети.

Корпус электроустановки заземлен (рис.4.2) . В этом случае напряжение корпуса электроустановки относительно земли уменьшится и станет равным:

$$U_3 = I_3 R_3. (4.1)$$

Напряжение прикосновения и ток через тело человека в этом случае будут определяться по формулам:

$$U_h = I_3 R_3 \alpha_1;$$

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \alpha_1,$$

(4.2)

где α_1 - коэффициент напряжения прикосновения.

Уменьшая значение сопротивления заземлителя растеканию тока R_3 , можно уменьшить напряжение корпуса электроустановки относительно земли, в результате чего уменьшаются напряжение прикосновения и ток через тело человека.

23. Привести электрическую принципиальную схему защитного заземления. Показать зависимость токов через заземлитель и через человека от удельного сопротивления грунта.

Защитное заземление.

Однофазные замыкания на корпус создают опасные потенциалы на нем и возле него из-за растекания тока с основания на землю. Существуют три способа защиты от поражения:

- автоматическое отключение за время менее допустимого; этот способ называется защитным отключением;
- снижение потенциала на корпусах до допустимой величины путем защитного заземления;
- зануление – обеспечивает автоматическое отключение и снижение потенциала на корпусах до допустимой величины.

В сетях с изолированной нейтралью токи замыкания (в случае попадания напряжения на корпус) недостаточны по величине для срабатывания автоматического отключения. Поэтому в таких сетях используют защитное заземление.

Заземление обязательно при $U \geq 500B$ во всех случаях; при $U \geq 36B$ в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью; независимо от U во взрывоопасных помещениях.

В этом случае при попадании фазы на корпус он окажется под напряжением $U_3 = I_3 R_3, (15)$

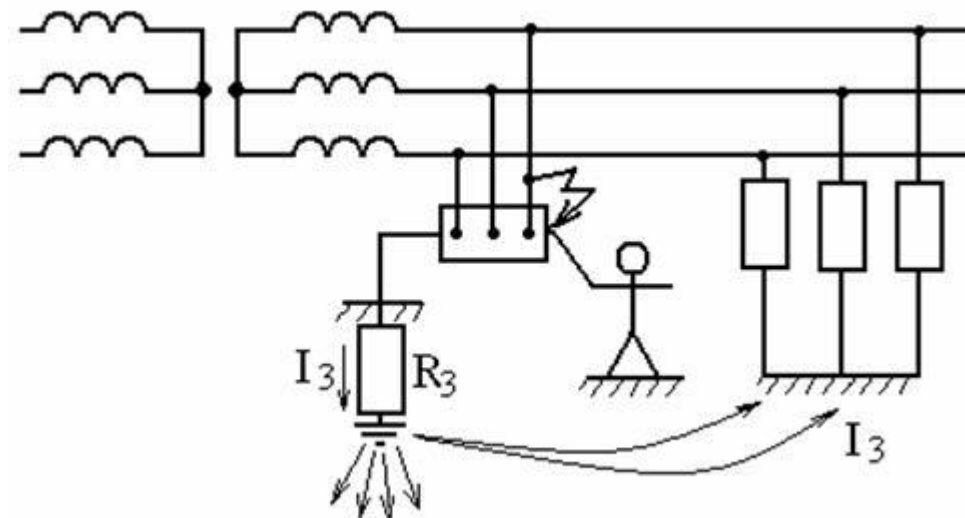


Рис.15.Схема заземления: а) принципиальная,

Ток через тело человека при прикосновении к корпусу будет равен.

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h}, (16)$$

Чем меньше R_3 , тем меньше ток I_h .

Достоинством выносного заземляющего устройства является возможность выбора места размещения электродов заземлителя с наименьшим сопротивлением грунта (сырой, глинистый, в низинах и т. п.).

Необходимость в устройстве выносного заземления может возникнуть в следующих случаях:

- при невозможности по каким-либо причинам разместить заземлитель на защищаемой территории;
- при высоком сопротивлении земли на данной территории (например, песчаный или скалистый грунт) и наличии вне этой территории мест со значительно лучшей проводимостью земли;
- при рассредоточенном расположении заземляемого оборудования (например, в горных выработках) и т. п.

24. Привести электрическую принципиальную схему компенсации емкостных токов. Зависит ли ток через человека в режиме полной компенсации: а) от емкости фаз относительно земли; б) от сопротивления рабочего заземлителя?

Компенсация емкостных токов.

Протяженные сети, кабельные линии обладают большой емкостью фаз относительно земли ($C = 0,25 \div 1 \text{ мкФ}$) и большим сопротивлением изоляции фаз $R_{из} \rightarrow \infty$.

$$I_h = \frac{3U_\Phi}{\sqrt{9R_h^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

При больших емкостях фаз ток опасен даже при $R_{из} \rightarrow \infty$.

Для компенсации емкостной составляющей тока через человека в нейтраль или на каждую фазу включают индуктивное сопротивление – дроссель.

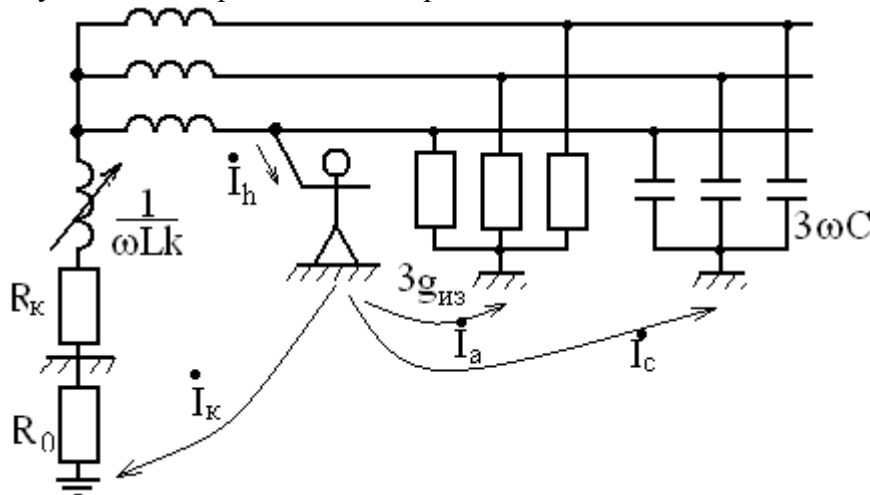
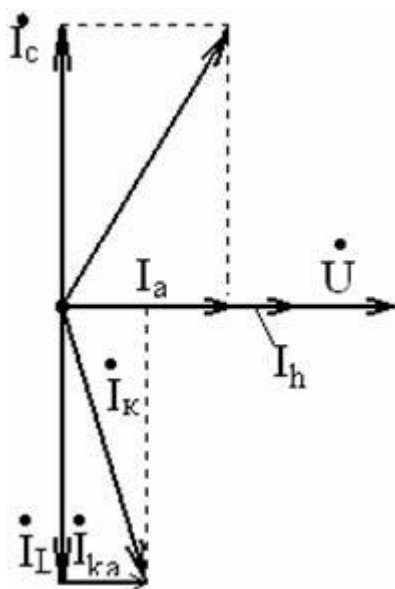


Рис.12. Схема компенсации емкостных токов.



Ток проходящий через человека, равен геометрической сумме токов:

$$\dot{I}_h = \dot{I}_a + \dot{I}_c + \dot{I}_k, (11)$$

Для компенсации емкостной составляющей необходимо: $\dot{I}_c + \dot{I}_{kp} = 0$

Из векторных диаграмм следует, что индуктивная составляющая $\dot{I}_{kp}$ отстает от емкостной $\dot{I}_c$ на 180° , т.е. находится в противофазе.

Рис.13. Векторная диаграмма токов через человека.

При полной компенсации ток I_h равен

$$I_h = \frac{U_\Phi}{R_h} \cdot \frac{3g_{uz} + g_k}{3g_{uz} + g_h + g_k}, (13)$$

где $g_k = \frac{r_n}{r_n^2 + (\omega Lk)^2}$ - проводимость дросселя ($r_n = Rk + R_0$).

Ток I_h зависит только от активных сопротивлений R_{uz} и r_n .

Требуемая для полной компенсации индуктивность дросселя находится из условия $\dot{I}_c = -\dot{I}_{kp}$.



Рис.14. Зависимость $I_h(C)$

25. Привести электрическую принципиальную схему защитного зануления с повторным заземлением нулевого провода. Зависит ли ток через человека при прикосновении к корпусу электрооборудования, оказавшегося под напряжением от удельного сопротивления грунта?

Назначение повторного заземления нулевого защитного проводника

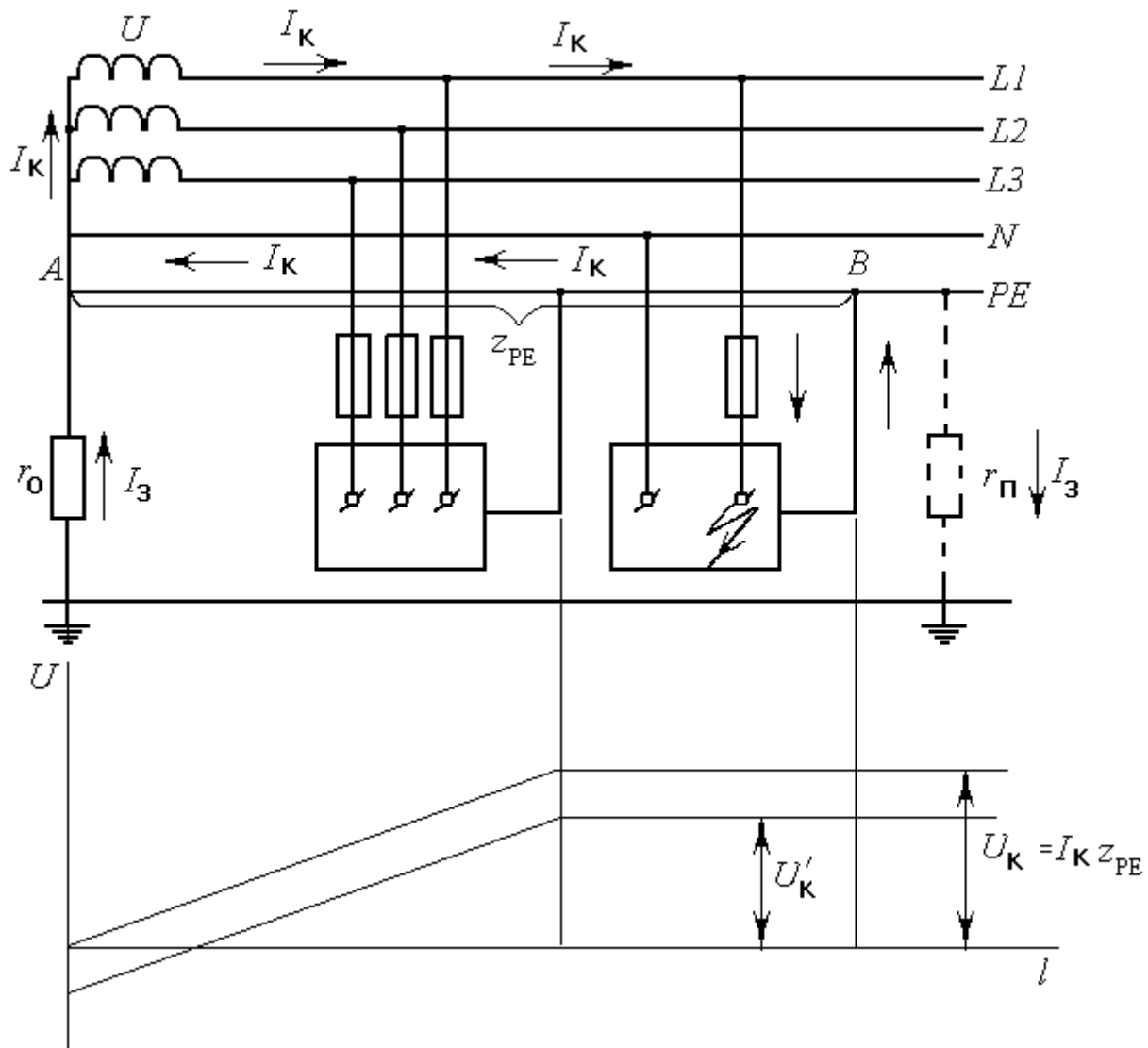


Рис. 4.9. Замыкание на корпус в системе TN-S

При замыкании фазы на корпус в сети, не имеющей повторного заземления нулевого защитного проводника (рис.4.9), участок нулевого защитного проводника, находящийся за местом замыкания, и все присоединенные к нему корпуса окажутся под напряжением относительно земли U_k , равным:

$$U_k = I_k z_{PE}, \quad (4.3)$$

где I_k – ток КЗ, проходящий по петле фаза-нуль, А; z_{PEN} – полное сопротивление участка нулевого защитного проводника, обтекаемого током I_k , Ом (т. е. участка AB).

Напряжение U_k будет существовать в течение аварийного периода, т. е. с момента замыкания фазы на корпус до автоматического отключения поврежденной установки от сети.

Если для упрощения пренебречь сопротивлением обмоток источника тока и индуктивным сопротивлением петли фаза-нуль, а также считать, что фазный и нулевой защитный проводники обладают лишь активными сопротивлениями R_{L1} и R_{PE} , то (4.3) примет вид:

$$U_k = I_k R_{PE} = \frac{U R_{PE}}{R_{L1} + R_{PE}}. \quad (4.4)$$

Если нулевой защитный проводник будет иметь повторное заземление с сопротивлением r_{Π} (на рис. 4.9 это заземление показано пунктиром), то U_k снизится до значения, определяемого формулой:

$$U'_k = I_k r_{\Pi} = \frac{U_{AB} \cdot r_{\Pi}}{r_{\Pi} + r_0}, \quad (4.5)$$

где I_3 – ток, стекающий в землю через сопротивление r_{Π} , А; $U_{ав}$ – падение напряжения в нулевом защитном проводнике на участке AB; r_0 – сопротивление заземления нейтрали источника тока, Ом.

Итак, повторное заземление нулевого защитного проводника снижает напряжение на зануленных корпусах в период замыкания фазы на корпус.

26. Каким образом необходимо выбрать и включить устройство защитного отключения, реагирующего на дифференциальный ток, в однофазной сети?

Назначение, принцип действия, область применения. *Защитным отключением*

называется автоматическое отключение электроустановок при однофазном (однополюсном) прикосновении к частям, находящимся под напряжением, недопустимым для человека, и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки (замыкания), превышающего заданные значения.

Назначение защитного отключения - обеспечение электробезопасности, что достигается за счет ограничения времени воздействия опасного тока на человека. Защита осуществляется специальным устройством защитного отключения (УЗО), которое, работая в дежурном режиме, постоянно контролирует условия поражения человека электрическим током.

Область применения: электроустановки в сетях с любым напряжением и любым режимом нейтрали.

УЗО, реагирующее на дифференциальный (остаточный) ток, находят широкое применение во всех отраслях промышленности. Характерной их особенностью является многофункциональность. Такие УЗО могут осуществлять защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении, при косвенном прикосновении, при несимметричном снижении изоляции проводов относительно земли в зоне защиты устройства, при замыканиях на землю и в других ситуациях.

По условиям функционирования дифференциальные УЗО подразделяются на следующие типы: АС, А, В, S, G.

УЗО типа АС – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий.

УЗО типа А – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие.

УЗО типа В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи.

УЗО типа S – устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения).

УЗО типа G – то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени

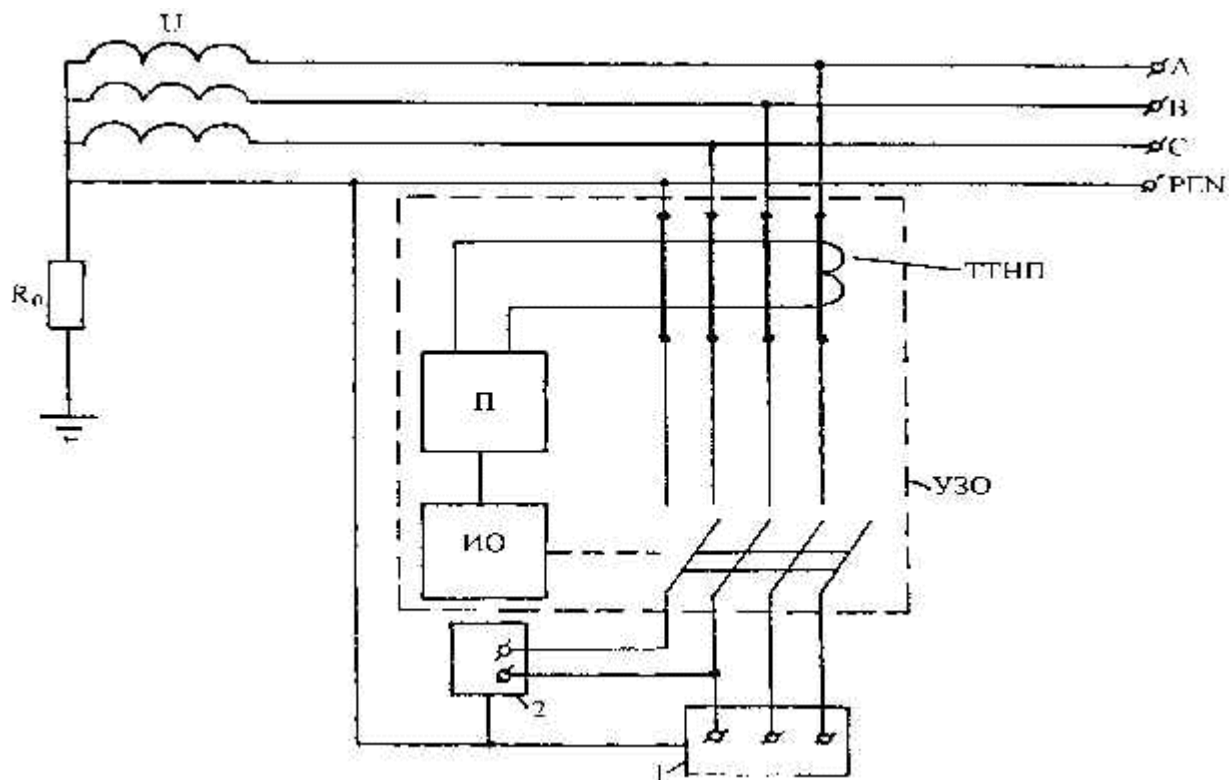
Конструктивно дифференциальные УЗО разделяются на два типа:

- **Электромеханические УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания.** Источником энергии, необходимой для функционирования таких УЗО – выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является сам входной сигнал – дифференциальный ток, на который оно реагирует.
- **Электронные УЗО, функционально зависящие от напряжения питания.** Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника.

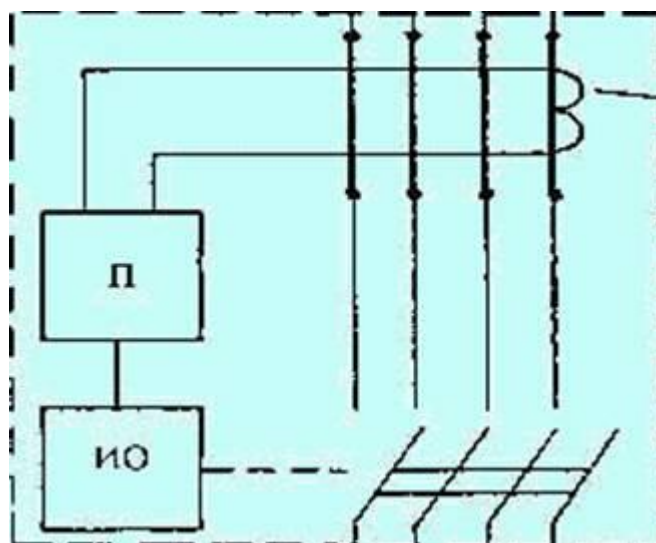
Основными параметрами УЗО дифференциального типа являются:

- Уставка (дифференциальный отключающий ток);
- Время срабатывания;
- Ток нагрузки;
- Напряжение питания.

Схема включения УЗО, реагирующего на дифференциальный ток в сети с заземленной нейтралью типа TN - S представлена на рис 4.13.



27. Привести электрическую принципиальную схему устройства защитного отключения, реагирующего на дифференциальный ток. От каких ситуаций защищает это устройство?



УЗО, реагирующее на дифференциальный (остаточный) ток, находят широкое применение во всех отраслях промышленности. Характерной их особенностью является многофункциональность. Такие УЗО могут осуществлять защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении, при косвенном прикосновении, при несимметричном снижении изоляции проводов относительно земли в зоне защиты устройства, при замыканиях на землю и в других ситуациях.

Принцип действия УЗО дифференциального типа заключается в том, что оно постоянно контролирует дифференциальный ток и сравнивает его с уставкой. При превышении значения дифференциального тока уставки УЗО срабатывает и отключает аварийный потребитель электроэнергии от сети. Входным сигналом для трехфазных УЗО является ток нулевой последовательности. Входной сигнал УЗО функционально связан с током, протекающим через тело человека I_h .

Область применения УЗО дифференциального типа – сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ (система TN - S).

Тема: «Защита от ЭМП радиочастот»

30. Изложите основные характеристики электромагнитных полей радиочастот и особенности их действия на человека.

Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) на человека и нормирование.

Действие ЭМП на человека тем значительнее, чем выше напряжённость поля, частота излучения и длительность воздействия. При облучении происходит нагрев тела с повышением его температуры. Нарушается работа сердечно-сосудистой системы. Жалобы на боли в сердце, нарушение сна, головная боль, быстрое утомление, раздражительность, потеря памяти. Большинство изменений накапливается. Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучений установлены в зависимости от частоты излучения ЭМП условно подразделяют на 3 вида:

Вид ЭМП	F, МГц	λ , м
ВЧ	0,03÷30	10000÷10
увч	30÷300	10÷1
свч	300÷300000	1÷0,001

ЭМП любой частоты имеет 3 условные зоны в зависимости от расстояния X до источника:

- Зону индукции (пространство с радиусом $X < \lambda/2\pi$);
- Промежуточную зону (зону дифракции);
- Волновую зону, $X \geq 2\pi\lambda$

Рабочие места вблизи источников ВЧ полей попадают в зону индукции. Для таких источников уровни облучений нормированы величиной напряжённости электрического E(В/м) и магнитного H(А/м) полей.

ГОСТом 12.1.006-84 установлены ПДУ на рабочем месте в течении всего рабочего дня:

F, МГц	$E_{доп}$, В/м	F, МГц	$H_{доп}$, А/м
0,06÷3	50	0,06÷1,5	5
3,0÷30	20	30÷50	0,3
30÷50	10		
50÷300	5		

Работающие с генератором СВЧ попадают в волновую зону. В этих случаях нормируется энергетическая нагрузка на организм человека W (мкВт*ч/см.кв.) $W = 200$ мкВт*ч/см.кв. – для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн – для них $W = 2000$ мкВт*ч/см.кв. Предельно допустимую плотность потока энергии (ПДУ) $\sigma_{доп}$ (мкВт/см.кв) вычисляются по формуле $\sigma_{доп} = W / T$, где T – время работы в часах в течении рабочего дня. Во всех случаях $\sigma_{доп} \leq 1000$ мкВт/см.кв.

31. Перечислите и охарактеризуйте основные принципы и методы защиты от ЭМП радиочастот.

31. Перечислите и охарактеризуйте основные принципы и методы защиты от ЭМП радиочастот.

Способы и средства защиты от ЭМ облучений.

1. Экранирование источника или рабочего места.
2. Защита расстоянием (удаление рабочего места от источника).
3. СИЗ (средства индивидуальной защиты).

4. Рациональное размещение излучающего оборудования в помещении, позволяющее обеспечить минимум направленности прямой и отражённой энергии на рабочее место.
5. Сигнализация о превышении ПДУ облучения (сигнализатор типа П2-2).
6. Ограничение длительности работы персонала и оборудования.

Защита рабочего места и помещений.

При невозможности экранировать источник и защититься от утечки, экранируют рабочее место, используя эластичные материалы для чехлов, спецодежды (х/б ткань с металлическим проводом в виде сетки с ячейкой $\leq 0,5$ мм). Площадь нормируется от 40 до 70 м² в зависимости от мощности источника. Металлические предметы и оборудование, отражающие предметы и оборудование, отражающие утечки энергии, удаляют.

Профилактика: медосмотры 1 раз в год; дополнительный отпуск - 12 рабочих дней; сокращённый рабочий день - при превышении ПДУ.

32. Виды, принцип действия и особенности конструкций экранов для защиты от электромагнитных полей радиочастот.

32. Экранирование.

Для отражающих экранов используют металлы (медь, латунь, алюминий, сталь), имеющие высокую проводимость. Экраны в виде: листов толщиной 0,5 мм (или по расчёту); сетки из проволоки 0,1÷1,0 мм с ячейками 1×1, 10×10 мм (в зависимости от λ , нужно $\ll \lambda$). Форма экранов: замкнутые (камеры); незамкнутые (щит, П-образный, полусфера и т.п.). При использовании экранов ЭМ энергия поглощается в поверхностном слое металла, частично отражаясь в сторону источника. Основная характеристика экрана - эффективность экранирования, т.е. степень ослабления ЭМП $\Delta = \sigma / \sigma_{\text{с экр.}}$

34. Принципы нормирования ЭМП радиочастот и методы контроля интенсивности излучения.

34. Принципы нормирования ЭМП радиочастот и методы контроля интенсивности излучения.

Действие ЭМП на человека тем значительнее, чем выше напряжённость поля, частота излучения и длительность воздействия. При облучении происходит нагрев тела с повышением его температуры. Нарушается работасердечно-сосудистой системы. Жалобы на боли в сердце, нарушение сна, головная боль, быстрое утомление, раздражительность, потеря памяти. Большинство изменений накапливается. Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучений установлены в зависимости от частоты излучения ЭМП условно подразделяют на 3 вида:

Вид ЭМП	F, МГц	λ , м
вч	0,03÷30	10000÷10
увч	30÷300	10÷1
свч	300÷300000	1÷0,001

ЭМП любой частоты имеет 3 условные зоны в зависимости от расстояния X до источника:

- Зону индукции (пространство с радиусом $X < \lambda/2\pi$);
- Промежуточную зону (зону дифракции);
- Волновую зону, $X \geq 2\pi\lambda$

Рабочие места вблизи источников ВЧ полей попадают в зону индукции. Для таких источников уровни облучений нормированы величиной напряжённости электрического E(В/м) и магнитного H(А/м) полей.

ГОСТом 12.1.006-84 установлены ПДУ на рабочем месте в течении всего рабочего дня:

F, МГц	$E_{доп}$, В/м	F, МГц	$H_{доп}$, А/м
0,06÷3	50	0,06÷1,5	5
3,0÷30	20	30÷50	0,3
30÷50	10		
50÷300	5		

Работающие с генератором СВЧ попадают в волновую зону. В этих случаях нормируется энергетическая нагрузка на организм человека W (мкВт*ч/см.кв.) $W = 200$ мкВт*ч/см.кв. – для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн – для них $W = 2000$ мкВт*ч/см.кв. Предельно допустимую плотность потока энергии (ПДУ) $\sigma_{доп}$ (мкВт/см.кв) вычисляются по формуле $\sigma_{доп} = W / T$, где T – время работы в часах в течении рабочего дня. Во всех случаях $\sigma_{доп} \leq 1000$ мкВт/см.кв.

Контроль облучения.

Производят не реже 1 раза в год, измеряя E , H , σ .

Датчиками для измерения являются: диполь (для E); рамка (для H); рупорная антенна (для σ).

35. Из каких материалов выполняются отражающие экраны, используемые для защиты от электромагнитных полей СВЧ диапазона? Выбрать от чего зависит толщина экранов: а) от времени работы человека с источником излучения; б) от материала экранов; в) от коэффициента направленности излучения на рабочее место.

Отражающие экраны выполняются из кирпича, алюминия, жести, асбеста, алюминиевой фольги (альфоль) на асбесте или металлической сетке и из других материалов. Экраны могут быть одно- и многослойными, причем свободный просос воздуха между слоями увеличивает эффективность экранирования. Расчет отражающего экрана производится по формуле:

$$\Delta t = 7 \sqrt{7 - \alpha},$$

где Δt —заданное относительное снижение температуры, °С; T_k —температура источника излучения, °С; T_y —заданная температура экрана, которая определяется следующим выражением:

$$T_s = f^{\Delta t} + a P f t a,$$

где f ,—температура воздуха, °С; P —интенсивность облучения, Вт/м²; a —коэффициент теплопоглощения материала экрана; a —удельная теплоотдача материала экрана, Вт/°-град).

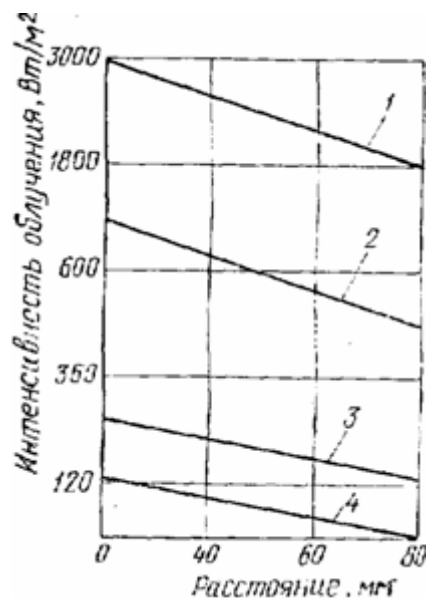
Теплозащитные характеристики экранов из различных материалов приведены на рис. 2.1.

Поглощающие экраны представляют собой завесы, а также щиты и экраны из малотеплопроводных материалов. Завесы устанавливаются против излучающих проемов и выполняются либо из мелких металлических цепей, снижающих лучистый поток на 60—70%, либо из водяной пленки, поглощающей до 90% тепловых излучений и пропускающей видимые излучения. Уравнение поглощения лучистой энергии какой-либо средой имеет вид:

$$P = P_0 e^{-\beta l},$$

где P , P_0 —мощность лучистого потока в данной точке при наличии и отсутствии завесы, Вт/см², β —коэффициент ослабления средой (для воды=1,3 1/мм): l —толщина завесы, мм.

Для улучшения теплоотдачи обычно нет необходимости создавать определенные метеорологические условия во всем объеме горячего цеха; такие условия обеспечиваются на отдельных рабочих местах. Это осуществляется путем создания оазисов и душей. Воздушный оазис - огороженный с боков щитами и открытый сверху объем в цехе, куда подается охлажденный воздух. Воздушный душ подает на рабочее место через воздухораспределитель воздух, имеющий заданные параметры.



При температуре в помещении выше -28°C и, интенсивности облучения 210 Вт/м^2 необходимое охлаждение воздуха достигается введением в воздушную струю распыленной воды. Такой душ называют водо-воздушным.

Индивидуальная защита в горячих цехах достигается спецодеждой, выполненной из невоспламеняемого, стойкого против воздействия лучистой теплоты, прочного, мягкого и воздухопроницаемого материала. В зависимости от требований защиты костюм выполняется из сукна, брезента, синтетического волокна, химически обработанных с металлическим покрытием тканей. Под пневматический комбинезон подается воздух из шлангового прибора или от сети сжатого воздуха.

Рис. 6.3. Теплозащитные характеристики экранов

1—без экрана; 2—асбест; 3—янтныД альфоль; 4—альсоль на асбесте

Голову от перегревов и ожогов защищают шляпой из войлока, фетра или грубошерстного сукна. Костюм дополняет специальная, стойкая к повышенной температуре и облучению обувь и рукавицы. Глаза от воздействия лучистой энергии защищают очками со светофильтрами, спектральное поглощение которых соответствует спектру лучистого потока. При температурах источников до 1800°C используют синие стекла СС11, при температурах более высоких—темные: ТС2, ТС3. Очки крепятся к козырьку или полям головного убора.

На горячих производствах существенное значение имеет питьевой режим и режим отдыха. Для восстановления водного баланса в организме рабочих снабжают подсолненной (0,2% поваренной соли), газированной водой из расчета 4—5 л на человека в смену.

Такая вода хорошо утоляет жажду, так как при добавлении соли ткани организма лучше удерживают воду.

При работах с высокой концентрацией излучаемой теплоты в течение смены устраиваются перерывы, частота и длительность которых определяется условиями и тяжестью работы. Во время перерывов рабочие отдыхают в специально оборудованных местах отдыха—закрытых кабинах или огороженных местах, где обеспечивается заданный благоприятный микроклимат.

Тема: «Защита от вибраций»

36. Изложите основные характеристики вибраций и их влияние на человека.

36. Изложите основные характеристики вибраций и их влияние на человека.

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией.

Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия, которые возникают:

- при возвратно-поступательных движениях систем (кривошипно-шатунные механизмы, ручные перфораторы, вибротрамбовки и т.п.);
- в результате наличия неуравновешенных вращающихся масс (ручные электрические и пневматические шлифовальные машины, режущий инструмент станков и т.п.);
- при ударах деталей (зубчатые зацепления, подшипниковые узлы).

Основными параметрами вибрации являются:

- амплитуда виброперемещения - , м;
- амплитуда колебательной скорости (виброскорости) - , м/с;
- амплитуда колебательного ускорения (виброускорения) - , м/с²;
- период колебаний – T, с;
- частота колебаний – f, Гц=1/с.

В силу специфических свойств органов чувств определяющим при оценке воздействия вибрации являются действующие значения выше перечисленных параметров. Так действующее значение виброскорости есть среднеквадратичное мгновенных значений скорости V(t) за время усреднения t_y, которое выбирают с учетом характера изменения виброскорости во времени:

$$V_y = \sqrt{\frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} V^2(t) dt}$$

Таким образом, для характеристики вибраций используют спектры действующих значений параметров или средних квадратов последних.

В практике виброакустических исследований весь диапазон частот вибраций разбивают на октавные диапазоны. В октавном диапазоне верхняя граничная частота вдвое больше нижней $f_2/f_1 = 2$. Анализ и построение спектров параметров вибрации могут производиться также в третьоктавных полосах частот - $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$. Если f_1 - нижняя граничная частота, а f_2 - верхняя, то в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота $f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

Среднегеометрические частоты октавных полос частот вибрации стандартизованы и составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Поскольку абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяются в очень широких пределах, в практике используют понятие логарифмического уровня колебаний.

Логарифмический уровень колебаний – характеристика колебаний, сравнивающая две одноименные физические величины, пропорциональные десятичному логарифму отношения оцениваемого и исходного значения величины. В качестве исходного используются опорные значения параметров, принятые за начало отсчета. Измеряются уровни в дБ. Тогда уровень виброскорости будет определяться по формуле:

$$L_v = 10 \lg \left(\frac{V^2}{V_0^2} \right) = 20 \lg (V/V_0),$$

где V_y - усредненное значение виброскорости в соответствующей полосе частот;

V_0 - опорное значение виброскорости, равное 5×10^{-8} м/с, международная стандартная величина.

Уровень виброускорения определяется выражением:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{10^{-6}}.$$

Вибрации, воздействующие на человека, можно классифицировать по ряду признаков:

1. По способу передачи вибрации на человеческий организм:

- общая;
- локальная.

2. По характеру спектра:

- узкополосные вибрации, у которых контролируемые параметры в одной третьоктавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает значения в соседних третьоктавных полосах;
- широкополосные вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

3. По частотному составу:

- низкочастотные вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1,4 Гц для общих вибраций, 8,16 Гц для локальных вибраций;
- среднечастотные вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 8,16 Гц для общих вибраций, 31,5,63 Гц для локальных вибраций;
- высокочастотные вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 31,5,63 Гц для общих вибраций, 125,1000 Гц для локальных вибраций.

4. По временным характеристикам:

- постоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения;
- непостоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 минут при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:
 - а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;
 - б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1с;
 - в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий. Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. При повышении частот колебаний более 0,7 Гц возможны резонансные колебания в органах человека. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20 – 30 Гц, при горизонтальных – 1,5 – 2 Гц.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органу зрения. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3 – 3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4 – 6 Гц. Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Рассматривая нарушения состояния здоровья при вибрационном воздействии, следует отметить, что частота заболеваний определяется величиной дозы, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием спектра вибраций. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения – для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения – для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуло-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно – потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. Для водителей машин, трактористов, бульдозеристов, машинистов экскаваторов, подвергающихся воздействию низкочастотной и толчкообразной вибраций, характерны изменения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Рабочие часто жалуются на боли в пояснице, конечностях, в области желудка, на отсутствие аппетита, бессонницу, раздражительность, быструю утомляемость. В целом картина воздействия общей низко- и среднечастотной вибраций выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства, особенно машиностроения, - локальная вибрация. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а высоких частот – спазм сосудов.

Сроки развития периферических расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы (эквивалентного уровня) вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену. У формовщиков, бурильщиков, заточников, рихтовщиков при среднечастотном спектре вибраций заболевание развивается через 8 – 10 лет работы. Обслуживание инструмента ударного действия (клепка, обрубка), генерирующим вибрацию среднечастотного диапазона (30 – 125 Гц), приводит к развитию сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений через 12 – 15 лет. При локальном воздействии низкочастотной вибрации, особенно при значительном физическом напряжении, рабочие жалуются на ноющие, ломящие, тянущие боли в верхних конечностях, часто по ночам. Одним из постоянных симптомов локального и общего воздействия является расстройство чувствительности. Наиболее резко страдает вибрационная, болевая и температурная чувствительность. К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибрации на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно, и потенцирования.

Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая включена в список профессиональных заболеваний. Эта болезнь диагностируется, как правило, у работающих на производстве. В условиях населенных мест вибрационная болезнь не регистрируется, несмотря на наличие многих источников вибрации (наземный и подземный транспорт, промышленные источники и др.). Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

37. Нормирование вибраций. Зависимость виброскорости от возмущающей силы и сил сопротивления.

37. Нормирование вибраций. Зависимость виброскорости от возмущающей силы и сил сопротивления.

Различают санитарно-гигиеническое и техническое нормирование.

В первом случае производят ограничение параметров вибрации рабочих мест и поверхности контакта с конечностями работающих, исходя из физиологических требований, и снижающих возможность возникновения вибрационной болезни.

Во втором случае осуществляют ограничение параметров вибрации с учетом не только указанных требований, но и технически достижимого на сегодняшний день для данного вида машин уровня вибрации.

Санитарно-гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Вибрационная нагрузка на оператора нормируется для каждого направления действия вибрации.

Для локальной вибрации норма вибрационной нагрузки на оператора обеспечивает отсутствие вибрационной болезни, что соответствует критерию "безопасность".

Для общей вибрации нормы вибрационной нагрузки на оператора установлены для категорий вибрации и соответствующих им критериям оценки по табл. 8.1.

При гигиенической оценке вибраций нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости v (и их логарифмические уровни L_v) или виброускорения для локальных вибраций в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или третьоктавных полосах. Допускается интегральная оценка вибрации во всем частотном диапазоне нормируемого параметра, в том числе по дозе вибрации D с учетом времени воздействия. Допустимые значения представлены в табл. 8.2 – 8.7.

Для общей технологической вибрации (категория 3, тип "В"), передающейся на рабочие места в складах, столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет генерирующих вибрацию машин, нормой вибрационной нагрузки являются указанные в табл. 8.2 и 8.6 нормы, значения которых умножаются на 0,4, а уровни - уменьшаются на 8 дБ.

Для общей и локальной вибрации зависимость допустимого значения виброскорости от времени фактического воздействия вибрации, не превышающего 480 мин (8-ми часовой рабочий день), определяется по формуле:

$$v_t = v_{480} \sqrt{\frac{480}{T}}$$

где v_{480} - допустимое значение виброскорости для длительности воздействия 480 мин.

38. Охарактеризуйте способы защиты от производственных вибраций.

38. Методы борьбы с вибрацией базируются на анализе уравнений, описывающих колебания машин и агрегатов в производственных условиях. Эти уравнения сложны, т.к. любой вид технологического оборудования (так же как и его отдельные конструктивные элементы) является системой со многими степенями подвижности и обладает рядом резонансных частот.

Для простоты анализа будем считать, что на систему воздействует переменная возмущающая сила, изменяющаяся по синусоидальному закону. Тогда уравнение колебаний этой системы будет иметь вид:

$$m \ddot{X} + \mu \dot{X} + qX = F_m e^{j\omega t} \quad (8.1)$$

где m – масса системы; q – коэффициент жесткости системы; X – текущее значение вибросмещения; $\dot{X}$

- текущее значение виброскорости; $\ddot{X}$ – текущее значение виброускорения; F_m – амплитуда вынуждающей силы; ω – угловая частота вынуждающей силы.

Общее решение этого уравнения содержит два слагаемых: первый член соответствует свободным колебаниям системы, которые в данном случае являются затухающим из-за наличия в системе трения; второй – соответствует вынужденным колебаниям. Главная роль – вынужденные колебания.

Выражая вибросмещение в комплексном виде $X = X_m e^{j\omega t}$ и подставив соответствующие значения $\dot{X}$ и $\ddot{X}$ в формулу (1) найдем выражения для соотношения между амплитудами виброскорости и вынуждающей силы:

$$|V_m| = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + \left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)^2}} \quad (8.2)$$

Знаменатель выражения (2) характеризует сопротивление, которое оказывает система вынуждающей переменной силе, и называется полным механическим импедансом колебательной системы.

Величина μ составляет активную, а величина $\left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)$ – реактивную часть этого сопротивления. Последняя состоит из двух сопротивлений – упругого $\left(\frac{q}{\omega}\right)$ и инерционного – $m\omega$. Реактивное сопротивление равно нулю при резонансе, которому соответствует

частота $\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{q}{m}}$. При этом система оказывает сопротивление вынуждающей силе только за счет активных потерь в системе. Амплитуда колебаний на таком режиме резко увеличивается.

Таким образом, из анализа решения уравнения (2) вынужденных колебаний системы с одной степенью свободы следует, что основными методами борьбы с вибрациями машин и оборудования являются:

- 1) снижение вибраций воздействием на источник возбуждения (посредством снижения вынуждающих сил);
- 2) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- 3) вибродемпфирование – увеличение механического импеданса колеблющихся конструктивных элементов путем увеличения диссипативных сил при колебаниях с частотами, близкими к резонансным;
- 4) динамическое виброгашение – присоединение к защищаемому объекту систем, реакции которых уменьшают размах вибраций объекта в точках присоединения систем;
- 5) вибропоглощение – снижение вибрации путем усиления в конструкции процессов внутреннего трения, рассеивающих виброэнергию в результате необратимого преобразования ее в теплоту;
- 6) виброизоляция – установка между источником вибрации и объектом защиты упругодемпфирующего устройства – виброизолятора – с малым коэффициентом передачи.

39. Охарактеризуйте принципы защиты от вибраций: виброгашение, вибропоглощение и виброизоляцию.

39. Охарактеризуйте принципы защиты от вибраций: виброгашение, вибропоглощение и виброизоляцию.

Методы борьбы с вибрацией базируются на анализе уравнений, описывающих колебания машин и агрегатов в производственных условиях. Эти уравнения сложны, т.к. любой вид технологического

оборудования (так же как и его отдельные конструктивные элементы) является системой со многими степенями подвижности и обладает рядом резонансных частот.

Для простоты анализа будем считать, что на систему действует переменная возмущающая сила, изменяющаяся по синусоидальному закону. Тогда уравнение колебаний этой системы будет иметь вид:

$$m\ddot{X} + \mu\dot{X} + qX = F_m e^{j\omega t} \quad (8.1)$$

где m – масса системы; q – коэффициент жесткости системы; X – текущее значение вибросмещения; $\dot{X}$ – текущее значение виброскорости; $\ddot{X}$ – текущее значение виброускорения; F_m – амплитуда вынуждающей силы; ω – угловая частота вынуждающей силы.

Общее решение этого уравнения содержит два слагаемых: первый член соответствует свободным колебаниям системы, которые в данном случае являются затухающим из-за наличия в системе трения; второй – соответствует вынужденным колебаниям. Главная роль – вынужденные колебания.

Выражая вибросмещение в комплексном виде $X = X_m e^{j\omega t}$ и подставив соответствующие значения $\dot{X}$ и $\ddot{X}$ в формулу (1) найдем выражения для соотношения между амплитудами виброскорости и вынуждающей силы:

$$|V_m| = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + (m\omega - q/\omega)^2}} \quad (8.2)$$

Знаменатель выражения (2) характеризует сопротивление, которое оказывает система вынуждающей переменной силе, и называется полным механическим импедансом колебательной системы. Величина составляет активную, а величина μ – реактивную часть этого сопротивления. Последняя состоит из двух сопротивлений – упругого (q/ω) и инерционного – $m\omega$.

Реактивное сопротивление равно нулю при резонансе, которому соответствует частота $\omega = \omega_0 = \sqrt{q/m}$. При этом система оказывает сопротивление вынуждающей силе только за счет активных потерь в системе. Амплитуда колебаний на таком режиме резко увеличивается.

Таким образом, из анализа решения уравнения (2) вынужденных колебаний системы с одной степенью свободы следует, что основными методами борьбы с вибрациями машин и оборудования являются:

- 1) снижение вибраций воздействием на источник возбуждения (посредством снижения вынуждающих сил);

(При конструировании машин и проектировании технологических процессов предпочтение должно отдаваться таким кинематическим и технологическим схемам, при которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями были бы исключены или предельно снижены.

К значительному снижению вибрации приводит заменаковки, штамповки – прессованием; ударной правки – вальцовкой; пневматической клепки и чеканки – гидравлической клепкой и сваркой.

Для снижения уровня вибраций редукторов целесообразно применять шестерни со специальными видами зацепления – шевронным глобоидным – вместо обычных шестерен с прямым зубом.

Большое значение имеет выбор рабочих режимов. Например, при увеличении частоты вращения турбины резко возрастает уровень виброскорости на опорах ее подшипникового узла.

Причиной низкочастотных вибраций насосов, компрессоров, двигателей является неуравновешенность вращающихся элементов. Действие неуравновешенных динамических сил усугубляется плохим креплением деталей, их износом в процессе эксплуатации. Устранение неуравновешенности вращающихся масс достигается балансировкой.)

- 2) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;

Для ослабления вибраций существенное значение имеет наложение резонансных режимов работы, т.е. отстройка собственных частот агрегата и его отдельных узлов и деталей от частоты вынуждающей силы. Резонансные режимы при работе технологического оборудования устраняют

двумя путями: либо изменением характеристик системы (массы или частоты), либо установлением нового рабочего режима (отстройка от резонансного значения угловой частоты вынуждающей силы). Второй метод осуществляют на стадии проектирования, т.к. в условиях эксплуатации режимы работы определяются условиями технологического процесса.

3) вибродемпфирование – увеличение механического импеданса колеблющихся конструктивных элементов путем увеличения диссипативных сил при колебаниях с частотами, близкими к резонансным;

Установка на защищаемый объект защитного устройства – упругодемпфирующего элемента, состоящего из элемента упругости и элемента демпфирования, соединенных параллельно. В этом случае, при действии внешняя вынуждающая сила действует и на защищаемый объект, и на упругий элемент защитного устройства, а реакция последнего полностью или частично гасится демпфирующим элементом защитного устройства.

4) динамическое виброгашение – присоединение к защищаемому объекту систем, реакции которых уменьшают размах вибраций объекта в точках присоединения систем;

Чаще всего динамическое виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаменты. Массу фундамента выбирают таким образом, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента в любом случае не превышала 0,1 – 0,2 мм, а для особоответственных сооружений – 0,005 мм. Для небольших объектов между основанием и агрегатом устанавливают массивную опорную плиту.

В машиностроении наибольшее распространение получили динамические виброгасители, уменьшающие уровень вибрации за счет воздействия на объект защиты реакций виброгасителя. Виброгаситель жестко крепится на вибрирующем агрегате, поэтому в каждый момент времени в нем возбуждаются колебания находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата.

5) вибропоглощение – снижение вибрации путем усиления в конструкции процессов внутреннего трения, рассеивающих виброэнергию в результате необратимого преобразования ее в теплоту;

Это процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний данной системы в тепловую энергию.

Увеличение тепловых потерь в системе может производиться двумя путями:

- 1) использованием в качестве конструкционных материалов с большим внутренним трением;
- 2) нанесением на вибрирующие поверхности слоя упруго-вязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение.

Значение параметра - коэффициента потерь, характеризующего диссипативные силы в колебательной системе – для основных конструкционных материалов (чугунов и сталей) составляет 0,001 – 0,01.

Значительно большее внутреннее трение имеют сплавы на основе систем никеля: медь – никель, титан – никель, кобальт – никель. Этих сплавов составляет 0,02 – 0,1.

С точки зрения вибраций наиболее предпочтительным является использование в качестве конструкционных материалов пластмасс, дерева, резины.

Когда применение полимерных материалов в качестве конструкционных не представляется возможным, для снижения вибраций используют вибропоглощающие покрытия. Действие покрытий основано на ослаблении вибраций путем перевода колебательной энергии в тепловую при деформации покрытий.

В зависимости от значения динамического модуля упругости (E) покрытия подразделяются на жесткие ($E=108 - 109$ Па) и мягкие ($E \leq 107$ Па). Действие покрытий первой группы проявляется на низких и средних частотах, второй – на высоких.

Покрытия из слоя вязкоупругого материала (твердой пластмассы, рубероида, изола) и слоя фольги увеличивает жесткость покрытия. составляет 0,15 – 0,4.

Мягкие покрытия – мягкие пластмассы, материалы типа резины (пеноэласт, технический винипор), пенопласт, поливинилхлоридные пластики. Этих покрытий – 0,05 – 0,5.

Если не представляется возможным обеспечить качественное соединение покрытий с обрабатываемой поверхностью, если последняя имеет сложную конфигурацию, то используют мастичные покрытия. Наибольшее распространение получили мастики типа «Антивибрит» на основе эпоксидных смол. мастик составляет 0,3 – 0,45. Используют мастики в машиностроении для снижения вибрации и шума вентиляционных систем, компрессоров, насосов, трубопроводов.

Хорошо поглощают колебания смазочные материалы.

б) виброизоляция – установка между источником вибрации и объектом защиты упругодемпфирующего устройства – виброизолятора – с малым коэффициентом передачи.

Этот способ защиты заключается в уменьшении передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещенных между ними. Примером виброизоляции является установка гибких вставок в коммуникациях воздуховодов, применение упругих прокладок в узлах крепления воздуховодов, разделение гибкой связью перекрытий несущих конструкций.

«Защита от шума»

40. Изложите основные характеристики производственного шума и его влияние на работающих.

Интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита.

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, кузнечно-прессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т.д.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 "Шум, общие требования безопасности" (изменение I. III.89) и Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах (СН 3223-85) с изменениями и дополнениями от 29.03.1988 года №122-6/245-1.

По характеру спектра шумов подразделяются на широкополосные и тональные.

По временным характеристикам шумов подразделяются на постоянные и непостоянные. В свою очередь непостоянные шумов подразделяются на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные.

В качестве характеристик постоянного шума на рабочих местах, а также для определения эффективности мероприятий по ограничению его неблагоприятного влияния, принимаются уровни звукового давления в децибелах (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

В качестве общей характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБ(А), представляющая собой среднюю величину частотных характеристик звукового давления.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный параметр - эквивалентный уровень звука в дБ(А).

41. Нормирование шума, методика и средства измерения.

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих.

Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления L_{p_i} (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шумовой характеристики рабочих мест допускается за шумовую характеристику принимать уровень звука L в дБ(А), измеряемый по временной характеристике шумомера «S - медленно».

Нормируемыми параметрами прерывистого и [импульсного](#) шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{экв}$ в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Для [непостоянных шумов](#) нормируется так же эквивалентный уровень звука в дБ(А).

Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является [ГОСТ 12.1.003-83](#) «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со [СНиП 11-12-88](#) "Защита от шума".

Все **методы** измерения шумов делятся на стандартные и нестандартные.

Стандартные измерения регламентируются соответствующими стандартами и обеспечиваются стандартизованными средствами измерения. Величины, подлежащие измерению, так же стандартизованы.

Нестандартные методы применяются при научных исследованиях и при решении специальных задач.

Измерительные стенды, установки, приборы и звукоизмерительные камеры подлежат метрологической аттестации в соответствующих службах с выдачей аттестационных документов, в которых указываются основные метрологические параметры, предельные значения измеряемых величин и погрешности измерения.

Стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов являются:

- [уровень звукового давления](#) L_p , дБ, в [октавных или](#) третьоктавных полосах частот в контрольных точках;

- [корректированный по шкале А](#) уровень звука L_A , дБА, в контрольных точках.

Для непостоянных шумов измеряются [эквивалентные уровни](#) $L_{рэк}$ или $L_{Аэк}$.

Стандартные шумовые характеристики источников шума L_W , L_{WA} , $G_{max}(j)$, $G_{maxA}(j)$ определяются с использованием соответствующих зависимостей [\(3.9, 3.10, 3.11\)](#) по измеренным уровням звукового давления.

Шукоизмерительные приборы - шумомеры - состоят, как правило, из датчика (микрофона), усилителя, частотных фильтров (анализатора частоты), регистрирующего прибора (самописца или магнитофона) и индикатора, показывающего уровень измеряемой величины в дБ. Шумомеры снабжены блоками [частотной коррекции с переключателями](#) А, В, С, D и временных характеристик с переключателями F (fast) - быстро, S (slow) - медленно, I (pik) - импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S - колеблющихся и прерывистых, I - импульсных.

Для измерения [эквивалентного уровня шума](#) при усреднении за длительный период времени применяются интегрирующие шумомеры.

Приборы для измерения шума строятся на основе частотных анализаторов, состоящих из набора **полосовых фильтров** и приборов, показывающих уровень звукового давления в определенной полосе частот.

Для измерения производственных шумов преимущественно используется прибор ВШВ-003-М2, относящийся к шумомерам I класса точности и позволяющий измерять корректированный уровень звука по шкалам А, В, С; уровень звукового давления в диапазоне частот от 20 Гц до 18 кГц и октавных полосах в диапазоне среднегеометрических частот от 16 до 8 кГц в свободном и диффузном звуковых полях. Прибор предназначен для измерения шума в производственных помещениях и жилых кварталах в целях охраны здоровья; при разработке и контроле качества изделий; при исследованиях и испытаниях машин и механизмов.

42. Изложите методику акустического расчета отражающих экранов.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;

- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{доп}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ. Окончательный результат округляют до целых значений.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

Выбор расчетных точек. Расчетные точки при акустических расчетах следует выбирать внутри помещений зданий и сооружений, а также на территории на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2 – 1,5 м от уровня пола рабочей площадки или планировочной отметки территории.

При этом внутри помещения, в котором один источник шума или несколько источников шума с одинаковыми октавными уровнями звукового давления, следует выбирать не менее двух расчетных точек: одну на рабочем месте, расположенном в зоне отраженного звука, а другую – на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

Если в помещении несколько источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звукового давления на рабочих местах более чем на 10 дБ, то в зоне прямого звука следует выбирать две расчетные точки: на рабочих местах у источников с наибольшими и наименьшими уровнями звукового давления L_p в дБ.

Расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках. В зависимости от того, где находится источник шума и расчетные точки (в свободном звуковом поле или в помещении), применяют различные методики расчета:

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении:

[с одним источником шума;](#)

[с несколькими источниками шума;](#)

[изолированном от источников шума;](#)

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления при распространении звука [в свободном пространстве.](#)

Расчет требуемого снижения уровней звукового давления. Уровни звукового давления в расчетных точках не должны превосходить уровней, допустимых по нормам во всех октавных полосах со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Требуемое снижение уровней звукового давления определяется по формуле

DL_p

$i, рт = L_{pi} - L_{pi, доп}$, дБ,

где $L_{pi, рт}$ – уровень звукового давления в i -ой октавной полосе, определяемый в расчетных точках проектируемого предприятия; $L_{pi, доп}$ – уровень звукового давления в той же полосе частот согласно допустимым нормам, определяемый в соответствии с [ГОСТ 12.1.003-83](#).

43. Изложите принципы и методы защиты от производственных шумов.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих

мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, в том числе строительно-акустических, применением средств индивидуальной защиты.

В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные средства защиты подразделяются на *средства, снижающие шум в источнике* его возникновения, и *средства, снижающие шум на пути его распространения* от источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса. Средства, снижающие шум в источнике его возникновения в зависимости от характера шумообразования подразделяются на средства, снижающие шум механического происхождения, [аэродинамического](#) и [гидродинамического](#) происхождения, [электромагнитного](#) происхождения.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно - технические и включают в себя:

[изменение направленности излучения шума;](#)

[рациональную планировку предприятий и производственных помещений;](#)

[акустическую обработку помещений;](#)

[применение звукоизоляции.](#)

К архитектурно-планировочным решениям также относится создание *санитарно-защитных зон* вокруг предприятий. По мере увеличения расстояния от источника уровень шума уменьшается. Поэтому создание санитарно-защитной зоны необходимой ширины является наиболее простым способом обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий.

Выбор ширины санитарно-защитной зоны зависит от установленного оборудования, например, ширина санитарно-защитной зоны вокруг крупных ТЭС может составлять несколько километров. Для объектов, находящихся в черте города, создание такой санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей. Сократить ширину санитарно-защитной зоны можно уменьшением шума на путях его распространения.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся.

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот.

СИЗ включают в себя протившумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

«Воздух рабочей зоны»

[44. Нормирование параметров микроклимата в рабочих помещениях.](#)

44. Нормирование параметров микроклимата в рабочих помещениях.

Микроклимат в рабочей зоне – характеризуется $t^{\circ}\text{C}$, v м/с, Ψ % и тепловой радиации Вт/см^2 .

Организм человека обладает способностью регулировать процессы теплообразования и теплоотдачи в необходимых для жизни границах. В условиях теплового комфорта теплоотдача распределяется следующим образом: на лучеиспускание $\approx 45\%$; путём конвекции $\approx 30\%$; расход теплоты на испарение влаги с поверхности тела $\approx 20\%$; на нагрев вдыхаемого воздуха $\approx 5\%$.

Теплоотдача перераспределяется при изменении $t^{\circ}\text{C}$, v м/с, Ψ % воздуха, а температура тела

сохраняется постоянной. Это свойство организма называется терморегуляцией. Терморегуляция нарушается в условиях, резко отличающихся от комфортных.

Поэтому ГОСТом 12.1.005-88 нормируются t, v, Ψ . В зависимости от сезона года, категории тяжести работы и наличия избытков теплоты установлены оптимальные и предельно допустимые параметры микроклимата.

Нормы оптимального микроклимата находятся в пределах:

$t = 16 \div 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $v = 0,2 \div 0,5 \text{ м/с}$; $\Psi = 40 \div 60 \text{ \%}$.

Если по техническим причинам нельзя обеспечить тепловой комфорт, то допускаются предельные отклонения:

- а) 13°C - (зимой при выполнении работ тяжёлой категории), 28°C - (летом);
- б) влажность $40 \div 75\%$ (более 75 плохо испаряется пот, менее 40 – пересыхание слизистой оболочки рта;
- в) подвижность воздуха $0,2 \div 1 \text{ м/с}$ (менее $0,2 \text{ м/с}$ - прекращается конвекция, более 1 м/с – сквозняк).

45. Классификация и нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

45. Классификация и нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Чистый естественный воздух содержит: 78,08% азота; 20,95% кислорода; 0,93% аргона; 0,03% углекислого газа; 0,01% прочих газов.

В процессе производства в воздух попадают вредные примеси различных частиц, газов и паров. ГОСТом установлены ПДК для многих сотен вредных веществ, которые по степени опасности для человека разделены на 4 класса:

- 1 – чрезвычайноопасные (менее $0,1 \text{ мг/м}^3$) – свинец, ртуть, хлор, ванадий;
- 2 – высокоопасные ($0,1 - 1 \text{ мг/м}^3$) – йод, марганец, медь, никель;
- 3 – умеренноопасные ($1 - 10 \text{ мг/м}^3$) – борная кислота, метиловый спирт;
- 4 – малоопасные (более 10 мг/м^3) – ацетон, аммиак, этиловый спирт.

46. Существующие системы вентиляции, область их применения и требования к ним.

Системы вентиляции и их выбор.

- **естественная** вентиляция - осуществляется за счёт разности температуры внутри и снаружи помещения; применяется для удаления избытков теплоты.
- **механическая** - с помощью вентилятора:
 - **общеобменная** - для удаления избытков теплоты, влаги;
 - умеренно - и малоопасных, вредных веществ из всего объёма помещения;
 - **местная приточная** (воздушный душ) – для подачи охлаждённого воздуха в горячих цехах;
 - **местная вытяжная** совместно с приточной для удаления вредных веществ 1 и 2 классов опасности непосредственно из мест их образования. Подача свежего воздуха производится в зону дыхания.

Требования к вентиляции.

1. Обеспечение чистоты воздуха и оптимальных параметров микроклимата;
2. обеспечение правильных потоков воздуха (отсутствие сквозняков или застоев);
3. объём приточного воздуха должен соответствовать объёму вытяжного (разница не более 15 % - выт. > прит.);
4. шум не должен превышать ПД уровни;
5. система вентиляции должна быть электро - , пожаро - , и взрывобезопасной.

47. Методика проектирования вентиляции для удаления избыточного тепла.

Порядок проектирования вентиляции.

Выбирают систему вентиляции;

Рассчитывают объём перемещаемого воздуха, м³/ч;
 Разрабатывают схему воздухопроводов и рассчитывают потери давления, Н, Па:
 $H_i = R_i * L_i + \sum (\xi_j * (v^2 * \rho / 2))$, где
 R_i – удельные потери давления на i -ом участке, Па/м;
 L_i – длина i -ого участка, м;
 ξ_j – коэффициент потерь давления на местное сопротивление;
 v – скорость движения воздуха на i -ом участке, м/с;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³
 Рассчитывают мощность электрического двигателя, кВт:

$$N = \frac{V_{\text{вент}} * H}{3600 * 10^3 * \eta}, \quad \text{где}$$

η – к.п.д. вентилятора;

По каталогу выбирают вентилятор.

Выбор системы вентиляции и расчёт объёма воздуха производится в зависимости от цели её использования.

1. Нормальные условия (вредные факторы отсутствуют)- используют общеобменную систему вентиляции.

Расчёт объёма воздуха производят по числу работающих людей (n) и санитарной норме подачи воздуха на 1 человека (в зависимости от объёма помещения, приходящегося на одного человека)-

$$(V^1, \text{м}^3 / \text{чел} * \text{ч}).$$

$$V^1 = 20 - 60 \text{ м}^3 / \text{чел} * \text{ч};$$

$$V_{\text{вент}} = n * V^1.$$

3. Для удаления избытков теплоты применяют общеобменную вентиляцию.

Уравнение теплового баланса

$$V_{\text{вент}} * C(t_{\text{ух}} - t_{\text{прих}}) * \gamma = 3600 * Q_{\text{изб}}, \quad \text{где}$$

$Q_{\text{изб}}$ - избыточная теплота, Вт;

γ - плотность воздуха, 1,2÷1,29 кг/м³;

$C = 10^3 \text{ Дж} / (\text{кг} * \text{К})$, удельная теплоёмкость воздуха;

$$t_{\text{ух}} = t_{\text{р.м.}} + \Delta t(h - 2) \quad \text{- температура удаляемого воздуха;}$$

$t_{\text{р.м.}}$ – по ГОСТ 12.1.005-88;

$$\Delta t = 1 - 5^\circ \text{C};$$

h - высота помещения.

48. Методика проектирования общеобменной вентиляции для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны.

Порядок проектирования вентиляции.

1. Выбирают систему вентиляции;
2. Рассчитывают объём перемещаемого воздуха, м³/ч;
3. Разрабатывают схему воздухопроводов и рассчитывают потери давления, Н, Па:
 $H_i = R_i * L_i + \sum (\xi_j * (v^2 * \rho / 2))$, где

R_i – удельные потери давления на i -ом участке, Па/м;
 L_i – длина i -ого участка, м;
 ξ_j – коэффициент потерь давления на местное сопротивление;
 u – скорость движения воздуха на i -ом участке, м/с;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³

4. Рассчитывают мощность электрического двигателя, кВт:

$$N = \frac{V_{\text{вент}} * H}{3600 * 10^3 * \eta}, \quad \text{где}$$

η – к.п.д. вентилятора;

5. По каталогу выбирают вентилятор.

Выбор системы вентиляции и расчёт объёма воздуха производится в зависимости от цели её использования.

1. Нормальные условия (вредные факторы отсутствуют) – используют общеобменную систему вентиляции.

Расчёт объёма воздуха производят по числу работающих людей (n) и санитарной норме подачи воздуха на 1 человека (в зависимости от объёма помещения, приходящегося на одного человека) – ($V^1, \text{м}^3 / \text{чел} * \text{ч}$).

$$V^1 = 20 - 60 \text{ м}^3 / \text{чел} * \text{ч};$$

$$V_{\text{вент}} = n * V^1.$$

2. Для удаления вредных веществ 3 и 4 классов опасности используют общеобменную вентиляцию.

Уравнение баланса поступающих и удаляемых вредных веществ

$$kG + g_1 V_{\text{вент}} = g_2 V_{\text{вент}}, \quad \text{где}$$

G – кол-во вредных веществ, выделяемых в процессе производства, мг/ч;

g_1 и g_2 – концентрация вредных веществ в поступающем в помещение воздухе (g_1) и удаляемом ($g_2 = g_{\text{доп}}$ по ПДК), мг/м³;

k – коэффициент на неравномерность распределения вредных веществ в помещении $k=1,5 \div 2$.

49. Способы защиты воздуха рабочей зоны от вредных паров и газов.

Защита от вредных примесей в воздухе рабочей зоны.

1. Герметизация источников;
2. Работа оборудования под разрежением;
3. Замена токсичных веществ нетоксичными;
4. Механизация и автоматизация работ;
5. Удаление рабочего места из зоны загрязнения;
6. Вентиляция;
7. Ограничение длительности работы в условиях загрязнённого воздуха.

50. Методика проектирования местной вентиляции для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны.

Порядок проектирования вентиляции.

1. Выбирают систему вентиляции;

2. Рассчитывают объём перемещаемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;
3. Разрабатывают схему воздухопроводов и рассчитывают потери давления, Н , Па :

$$H_i = R_i * L_i + \sum (\xi_j * (v^2 * \rho / 2)), \text{ где}$$

R_i – удельные потери давления на i -ом участке, $\text{Па}/\text{м}$;

L_i – длина i -ого участка, м ;

ξ_j – коэффициент потерь давления на местное сопротивление;

v – скорость движения воздуха на i -ом участке, $\text{м}/\text{с}$;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$

4. Рассчитывают мощность электрического двигателя, кВт :

$$\frac{V_{\text{вент}} * H}{\eta}$$

$$N = \frac{3600 * 10^3 * \eta}{\eta}, \text{ где}$$

η – к.п.д. вентилятора;

5. По каталогу выбирают вентилятор.

Выбор системы вентиляции и расчёт объёма воздуха производится в зависимости от цели её использования.

4. Удаление вредных веществ 1 и 2 классов опасности производят с помощью местной вентиляции из мест выделения вредных веществ (вытяжные шкафы, зонты, бортовые отсосы - щели, передвижные патрубки).

$$V = (10 * x^2 + F) * v_A, \text{ м}^3/\text{ч};$$

v в зоне дыхания радиусом $v_B = 0,2 \div 0,5 \text{ м}/\text{с}$ по ГОСТу.

v в месте выделения вредных веществ $v_A = 0,6 \div 1,5 \text{ м}/\text{с}$ по санитарным нормам.

51. Привести методику расчета общей механической вентиляции. От чего зависит скорость движения воздуха в воздухопроводах? И ее допустимые значения?

Системы вентиляции и их выбор.

- **естественная** вентиляция - осуществляется за счёт разности температуры внутри и снаружи помещения; применяется для удаления избытков теплоты.
- **механическая** - с помощью вентилятора:
 - **общеобменная** - для удаления избытков теплоты, влаги;
 - умеренно - и малоопасных, вредных веществ из всего объёма помещения;
 - **местная приточная** (воздушный душ) – для подачи охлаждённого воздуха в горячих цехах;
 - **местная вытяжная** совместно с приточной для удаления вредных веществ 1 и 2 классов опасности непосредственно из мест их образования. Подача свежего воздуха производится в зону дыхания.

Требования к вентиляции.

1. Обеспечение чистоты воздуха и оптимальных параметров микроклимата;
2. обеспечение правильных потоков воздуха (отсутствие сквозняков или застоев);
3. объём приточного воздуха должен соответствовать объёму вытяжного (разница не более 15 % - выт. > прит.);
4. шум не должен превышать ПД уровни;
5. система вентиляции должна быть электро - , пожаро - , и взрывобезопасной.

Порядок проектирования вентиляции.

1. Выбирают систему вентиляции;
2. Рассчитывают объём перемещаемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;
3. Разрабатывают схему воздухопроводов и рассчитывают потери давления, Н , Па :

$$H_i = R_i * L_i + \sum (\xi_j * (v^2 * \rho / 2)), \text{ где}$$

R_i – удельные потери давления на i -ом участке, Па/м;

L_i – длина i -ого участка, м;

ξ_j – коэффициент потерь давления на местное сопротивление;

v – скорость движения воздуха на i -ом участке, м/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м³

4. Рассчитывают мощность электрического двигателя, кВт:

$$N = \frac{V_{\text{вент}} * H}{3600 * 10^3 * \eta}, \text{ где}$$

η – к.п.д. вентилятора;

5. По каталогу выбирают вентилятор.

Выбор системы вентиляции и расчёт объёма воздуха производится в зависимости от цели её использования.

Зависит от: Периода года и категории работ.

Период года	Категория работ	Скорость движения, м/с	
		оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных*
Холодный	Легкая - Ia	0,1	Не более 0,1
	Легкая - Ib	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести - IIa	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести - IIб	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая - III	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая - Ia	0,1	0,1-0,2
	Легкая - Ib	0,2	0,1-0,3
	Средней тяжести - IIa	0,3	0,2-0,4
	Средней тяжести - IIб	0,3	0,2-0,5
	Тяжелая - III	0,4	0,2-0,6

Тема: «ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»

52. Изложите методику расчета категории тяжести труда.

Методика оценки тяжести труда устанавливает зависимость между условиями труда и интегральной реакцией организма человека.

При оценке учитываются санитарно-гигиенические и психофизиологические производственные элементы условий труда.

Первые включают:

- температуру, влажность и скорость движения воздуха на рабочем месте;
- наличие токсичных веществ;
- пыли;
- вибрации, шума, ультразвука;
- теплового излучения;
- электромагнитных полей;
- ионизирующих излучений;
- биологические факторы.

Ко вторым относятся:

- физическая, динамическая и статическая нагрузка;
- рабочая поза и перемещения в пространстве;
- сменность, продолжительность непрерывной работы в течении суток;
- точность зрительных работ;
- число заданных объектов наблюдения;
- темп работы, монотонность работы;
- объем получаемой и перерабатываемой информации;
- режим труда и отдыха;
- нервно-эмоциональная нагрузка;
- интеллектуальная нагрузка.

При оценке тяжести труда учитываются те элементы условий труда, которые реально воздействуют на работника на конкретном рабочем месте. При этом каждый элемент критериев получает количественную оценку в баллах от 1 до 6 (таблица 1).

При одновременном воздействии ряда факторов **интегральная оценка тяжести труда** в баллах определяется по выражению:

$$U_T = \left[X_{\max} + \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n-1} \cdot \frac{6 - X_{\max}}{6} \right] \cdot 10, \quad (1)$$

где U_T – интегральный показатель категории тяжести в баллах;

$X_{\max}$ – элемент условий труда на рабочем месте, имеющий наибольший балл;

$\sum_{i=1}^n X_i$ – сумма количественной оценки в баллах значимых элементов условий труда без $X_{\max}$;

n – количество элементов условий труда;

10 – число, введенное для удобства расчетов.

В соответствии с величиной интегрального показателя условиям труда (работе) присваивается та или иная категория тяжести

Категория тяжести труда	1	2	3	4	5	6
Интегральная оценка элементов условий	до 18	18,1- 33	33,1- 45	45,1- 53	53,1- 59	59,1- 60

Категория тяжести указывает на степень неблагоприятного воздействия данной работы на организм человека и, следовательно, на степень снижения его работоспособности. Исходя из категории тяжести, дают экономические рекомендации по дифференциации оплаты по условиям труда, размерам предоставляемых компенсаций за неблагоприятные условия труда. Описание при этом наличных вредностей позволит разработать мероприятия по их устранению и оздоровлению условий труда.

При дифференциации оплаты в зависимости от условий труда полученная оценка элементов условий корректируется в зависимости от длительности их воздействия на работника в течении смены:

$$X_{i\text{факт}} = X_i \cdot \frac{t}{t_{\text{см}}}, \quad (2)$$

где X_i – оценка i -го элемента условий труда в баллах;
 t – фактическая длительность действия исходного элемента условий труда, мин.;
 $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин.

Интегральный показатель тяжести труда позволяет определить влияние условий труда на работоспособность человека. Для этого сначала вычисляется *степень утомления* в условных единицах. Зависимость между интегральным показателем тяжести труда и утомлением выражается уравнением:

$$Y = \frac{U_T - 15,6}{0,64}, \quad (3)$$

где Y – показатель утомления в условных (относительных) единицах;
 15,6 и 0,64 – коэффициенты регрессии;
 U_T – интегральный показатель категории тяжести труда в баллах.

Зная степень утомления, можно определить **уровень работоспособности**, т.е. величину противоположную утомлению по выражению:

$$R = 100 - Y, \quad (4)$$

где R – уровень работоспособности в относительных единицах.

Соответственно можно определить, как изменилась работоспособность при изменении тяжести труда и как это повлияло на его **производительность**:

где $\Pi_{\text{пт}}$ – прирост производительности труда;
 R_2 и R_1 – работоспособность в условных единицах до и после внедрения мероприятий, понизивших тяжесть труда;
 0,2 – поправочный коэффициент, отражающий усредненную зависимость между повышением работоспособности и ростом производительности труда.

Кроме того, интегральная оценка условий труда позволяет прогнозировать травматизм на предприятии. Рост производственного травматизма на автоматизированных линиях определяется по выражению:

$$K = \frac{1}{1,3 - 0,0185 \cdot U_T}, \quad (6)$$

где K – рост производственного травматизма, количество раз;
 U_T – интегральный показатель категории тяжести труда в баллах.

Последовательность расчета категории тяжести труда

- 1) На конкретном рабочем месте составить перечень всех факторов формирующих условия труда.
- 2) По специальному приложению элементу присвоить соответствующий балл с учетом времени его воздействия (экспозиции на человека).
- 3) Рассчитать по формуле (1) интегральную оценку элементов условий труда до и после внедрения мероприятий, и определить категорию тяжести труда по таблице 1.
Примечание. При определении интегрального показателя тяжести труда в расчет принимаются биологически значимые элементы, т.е. элементы получившие при оценке с учетом экспозиции (продолжительности действия в течении смены) балл более 2. Элементы, получившие 1-2 балла, формируют комфортное или нормальное состояние организма и в расчете не учитываются.
- 4) Определить прогнозируемый рост работоспособности и производительности труда до и после внедрения мероприятий по улучшению условий труда по формулам (3, 4, 5)
- 5) Определить динамику изменения производственного травматизма за счет внедрения мероприятий по улучшению условий труда по формуле (6).
- 6) Сделать выводы.

Тема: «ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ»

53. Перечислите и дайте определения основным количественным и качественным показателям освещения.

53. Зрительные ощущения света создает электромагнитное излучение с $\lambda = 380-780\text{нм}$ ($1\text{нм} = 10^{-9}\text{м}$). естественный свет необходим для организма (наиболее оптимальный для глаз спектр, наличие необходимых для жизни ультрафиолетовых лучей.

10-380нм – ультрафиолетовые лучи;

380-780нм – видимое излучение;

780-340000нм – инфракрасное излучение.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями:

Количественные: световой поток, освещенность, сила света, яркость.

Световой поток: это мощность светового потока, которая оценивается по световому ощущению глаз (в люменах лм).

Лампа накаливания 25Вт при 220В дает $\Phi = 200\text{лм}$.

Сила света: величина пространственной плотности светового потока – есть отношение светового

потока $d\Phi$, распространяющегося внутри телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла $I = d\Phi/d\Omega$.

Измеряется в канделах (кд).

$I[\text{кд}]$ кандела, $1\text{кд} = 1\text{лм} \cdot \text{ср}^{-1}$

Освещенность: отношение светового потока $d\Phi$, падающего на элемент поверхности dS , к площади этого элемента $E = d\Phi/dS$. Измеряется в люксах (лк).

$$E = \Phi/S, [\text{лк} = \text{лм}/\text{м}^2]$$

Яркость: световая величина, непосредственно воспринимаемая глазом. Она определяется силой света, излучаемого с единицы площади поверхности в заданном направлении под углом α .

Яркость – одна из всех световых величин, непосредственно воспринимаемая глазом наблюдателя.

$$L = \frac{I \times \rho}{S \times \cos \alpha}, \rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}} - \text{коэффициент отражения.}$$

[кд/м²],

К основным качественным показателям освещения относятся:

- коэффициент пульсации

$$K_{\text{пульс}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{ср}}} \times 100\%$$

, по нормам $K_{\text{пульс}} = 10-20\%$.

Колебания светового потока недопустимы, т.к. они вызывают частую адаптацию глаз и приводят к их утомлению.

У газоразрядных ламп из-за низкой инерции вслед за изменениями переменного тока происходят колебания светового потока. При включении ламп по схеме «три лампы на разные фазы», коэффициент пульсации уменьшается до 3-5%;

- равномерное распределение яркости в поле зрения, для комбинированного освещения

рекомендуется $\frac{E_{\min}}{E_{\max}} \geq \frac{1}{3}$ (в пределах рабочей поверхности - отношение освещенностей), оптимальным

$$\frac{L_{\text{окр. поля зрения}}}{L_{\text{раб. поверх}}} \geq \frac{3}{5};$$

является отношение яркостей:

- отсутствие резких теней (особенно движущихся), тени исчезают при наличии отраженного освещения, рекомендуется направление светового потока на рабочую поверхность под углом 60°;

- отсутствие прямой блескости: блескостью называется свойство ярких светящихся поверхностей (нить накала, трубка) нарушать зрительные функции глаза – ослеплять их. Для защиты глаз лампы помещают в арматуру с защитным углом $\alpha \geq 10 \div 30^\circ$. Нормируется показатель ослепленности $p \leq 20-80$ единиц (расчет в СНиП II-4-79)

- отсутствие отраженной блескости: нормируется максимально допустимая яркость рабочей поверхности $L_{\text{доп}} \leq 500 \div 2500 \text{ кд/м}^2$ при площади отражения $S = 0,2 \div 0,01 \text{ м}^2$.

54. Изложите принцип нормирования искусственного и естественного освещения.

Основное требование к освещению – освещенность рабочей поверхности должна быть не менее допустимой при высоком качестве освещения.

Установлены нормы (СНиП 23-05-95) в зависимости от размеров объекта различения, контраста объекта с фоном и коэффициента отражения рабочей поверхности.

Все зрительные работы разделены на 8 разрядов в зависимости от их точности (т.е. наименьшего размера объекта различения глазом).

Каждый разряд делится на 4 подразряда в зависимости от сочетания «контраст-фон».

Фон – поверхность, на которой рассматривается объект. Он характеризуется коэффициентом отражения $\rho = \Phi_{\text{отр}}/\Phi_{\text{пад}}$. Черная ткань $\rho = 0,02$, белая бумага $\rho = 0,8$. для глаза всегда лучше, если фон светлый.

Принято $\rho > 0,4$ – фон светлый

$\rho = 0,2 \div 0,4$ – средний

$\rho < 0,2$ – темный

Контрастом называется отношение:

$$K = \frac{|L_{\text{об}} - L_{\text{ф}}|}{L_{\text{ф}}}, \quad L_{\text{ф}}, L_{\text{об}} - \text{яркость фона и объекта.}$$

Когда нет контраста, различение предметов невозможно.

Принято $K > 0,5$ – контраст большой

$K = 0,2 \div 0,5$ – средний

$K < 0,2$ – малый

Источники искусственного освещения: лампы накаливания и газоразрядные. (у газоразрядных выше световая отдача Φ/P в 3-4 раза и больше срок службы ~ в 10 раз).

Используют 2 системы искусственного освещения: общую и комбинированную (общую + местную). Одно местное не разрешается.

$$S = \frac{V_1}{V_2}, \quad S = 1 + \frac{2,88 \times I \times 10^{-3}}{H^2 (L_{\text{ф}} + 0,207)}, \quad H - \text{высота, } L_{\text{ф}} - \text{средняя яркость}$$

Коэффициент ослепленности: фона, V_1, V_2 – видимость объекта при экранировании блеских источников и без, I – сила света по направлению к глазу.

Показатель ослепленности: $P = (S - 1) \times 10^3$, $p = 20 \div 60$

Показатель дикомф.: $M = \frac{L_c \times \varphi^{0.5}}{\varphi_\theta \times L_{ad}^{0.5}}$ учит. неравном. распредел. яркостей $M = 15-90$.

55. Изложите методику проектирования комбинированного искусственного освещения.

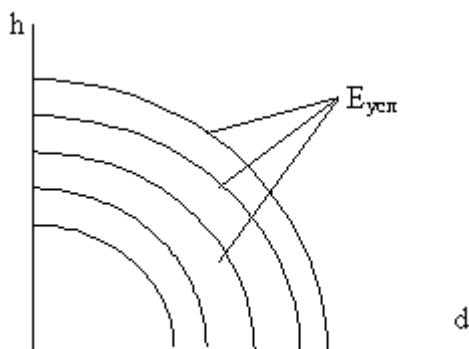
55. Расчет общего освещения

Производят методом коэффициента использования светового потока (η).

Коэффициент η показывает какая часть светового потока всех ламп $n\Phi_{\text{л}}$ попадает на рабочую поверхность.

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{раб.поверх}}}{n \times \Phi_{\text{л}}};$$

Этот метод позволяет найти световой поток источников света, необходимый для создания требуемой освещенности рабочей поверхности.



$$\Phi_{\text{общ}} = \frac{E_{\text{доп.общ}} \times S \times Z_1 \times Z_2}{\eta},$$

Общий световой поток:

где $E_{\text{доп. общ}}$ – минимальная освещенность по нормам, лк;

S – освещаемая площадь, м^2

Z_1 – коэффициент запаса на износ ламп и запыления ($Z_1 = 1,5 \div 2$);

Z_2 – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения ($E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}} = 1,2 \div 1,3$).

Коэффициент использования светового потока определяется из таблиц в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения пола, стен и потолка, а также от индекса помещения

$$i = \frac{A \times B}{h(A + B)},$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

A, B – размеры помещения, м.

Число потребного количества ламп

$$n = \frac{\Phi_{\text{общ}}}{\Phi_{\text{л}}}.$$

Расчет комбинированного освещения.

По нормам: $E_{\text{общ}}/E_{\text{мест}} \geq 1/9$, но в пределах $150 \leq E_{\text{общ}} \leq 450$ лк.

Из таблиц выбирается $E_{\text{комб.доп}} = E_{\text{общ}} + E_{\text{мест}}$.

Затем находится $E_{\text{общ}}$ и производится расчет общего освещения (по η).

Затем определяется освещенность $E_{\text{мест.доп.}}$ и производится расчет местного освещения.

Расчет местного освещения.

Производится точечным методом.

$$\Phi_{\text{мест}} = \frac{1000 \times E_{\text{мест}} \times Z_1}{E_{\text{усл}} \times \mu}, \text{ где}$$

1000 – световой поток условной лампы;

$E_{\text{усл}}$ – освещенность от условной лампы (находится из кривых изолюкс);

μ – коэффициент влияния других источников света (соседних).

h, d – координаты расчетной на рабочей поверхности, по ним выбирается $E_{\text{усл}}$

56. Перечислите и дайте характеристику основных систем и видов освещения. Область их применения, достоинства и недостатки.

56. Существуют следующие виды производственного освещения:

- естественное,
- искусственное,
- совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на:

- боковое – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах;
- верхнее – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- комбинированное (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами Строительных Норм и Правил.

Процесс проектирования естественного освещения производственных помещений осложняется рядом обстоятельств, присущих естественному источнику света. К ним относится, прежде всего, непостоянство естественного света. На естественное освещение производственных помещений оказывают влияние эксплуатационные условия, характер застекления светопроемов, загрязнение стекол и др.

Искусственное освещение – освещение помещения только источниками искусственного света.

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- рабочее – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;
- аварийное – разделяется на освещение безопасности и [эвакуационное](#) освещение;
- охранное – освещение в нерабочее время;
- дежурное – освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть двух систем:

- общее освещение – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение);
- комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное; местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается.

Искусственное рабочее освещение предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещенное освещение производственных зданий следует предусматривать:

- для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов;
- для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п., а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным подтверждена соответствующими расчетами.

57. Изложите методику проектирования естественного освещения.

57. **Естественное освещение.**

Существует 3 системы: боковое, верхнее, комбинированное.

Средняя полуденная освещенность рассеянным светом открытого небосвода (для Москвы): 4000лк – декабрь; 3800лк – июнь, т.е. непостоянна.

Поэтому нормируется доля в % наружной освещенности под полностью открытым небосводом, которая улавливается внутри помещения:

$$E = \frac{E_{\text{наруж}}}{E_{\text{нр}}} \times 100\%$$

- коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Значение КЕО (по СНиП 23-05-95) установлены в зависимости от системы освещения и разряда зрительной работы (от 0,1 до 10%)

КЕО нормируется в наиболее удаленной от окна точке.

$$e_{\text{мин}} \geq e_{\text{доп}}$$

Эритемное освещение – используется для профилактики светового голодания (искусственное ультрафиолетовое облучение). Эритема – легкое покраснение кожи. Макс. эффект при $\lambda = 297\text{нм}$. Эритемное облучение длительного действия – совместно с рабочим, кратковременно – в фотариях.

Аварийное освещение – 2 вида:

- 1) для продолжения работы;
- 2) для эвакуации.

Особенности: автономное питание, спец. знаки на лампах.

Нормы: 1) $\geq 0,05 E_{\text{общ}}$, но не менее 2лк;

- 2) 0,5лк.

Тема: «ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»

58. Основы законодательства РФ в области охраны труда.

58. Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде. В соответствии с законодательством о труде, надзор и контроль за соблюдением этого законодательства осуществляют:

1) специально уполномоченные государственными органами инспекции, независимыми в своих действиях от администрации предприятия

2) профсоюзными и состоящими в их ведении техническими и правовыми инспекциями труда

В Российской Федерации различают:

- 1) Государственный надзор за охраной труда
- 2) Государственный профсоюзный контроль за охраной труда
- 3) Общественно-профсоюзный контроль за охраной труда
- 4) Административно-общественный контроль за охраной труда

Государственный надзор осуществляется следующими инспекциями:

- 1) ГосГорТехНадзор

Государственный комитет по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и в горном деле. Он осуществляет надзор в угольной, горной, горно-химической, нефтехимической, металлургической, нефтеперерабатывающей промышленности, геолого-разведывательных экспедициях, при устройстве и организации безопасности подъемных и транспортных сооружений, котельных установок, трубопроводов для горячей воды и пара. ГГТН делится на 2 инспекции:

Котлонадзор и Газовый Надзор.

- 2) ГосЭнергоНадзор

Находится в системе энергетики и электрификации и осуществляет предупредительный и текущий надзор за выполнением требований по безопасности эксплуатации электро- и теплоустановок.

- 3) ГосСанНадзор

Его осуществляют государственный санитарно-эпидемиологические службы

- 4) ГосПожарНадзор

Его осуществляет главное управление пожарной охраны при МВД России

- 5) Госнадзор за работой газоочистных и пылеулавливающих установок

Контролирует загрязнение внешней среды вредными промышленными выбросами и отходами промышленных предприятий

Государственный Профсоюзный Контроль Надзор осуществляет техническую инспекцию труда профсоюзов. За каждым предприятием закреплен технический инспектор труда профсоюзов. Он осуществляет Госнадзор за выполнением требования охраны труда, контролирует правильность расследования несчастных случаев, а также групповых и особенно тяжелых несчастных случаев, в том числе с смертельным исходом. Также направляет следственным органам материалы для привлечения виновных лиц к административной и уголовной ответственности. Кроме того является членом комиссии при приеме новых объектов к эксплуатации.

Общественно-профсоюзный контроль по охране труда при комитете профсоюзов, количестве от 3 до 21 человек. Состав комиссии утверждается на заседании профкома.

Административно-общественный контроль проводится администрацией предприятия совместно с профсоюзной организацией по следующим этапам:

- 1) руководитель предприятия и представитель профкома проводят 1 раз в полугодие совещание по охране труда, 1 раз в квартал заслушивают отчеты начальников цехов о выполнении мероприятий по охране труда в цехе, разбирают причины несчастных случаев. Руководитель предприятия и представитель профкома 1 раз в месяц лично проводят комиссионную проверку состояния охраны труда в нескольких цехах с участием ведущих специалистов.
- 2) Начальник цеха и представитель профкома 2 раза в месяц проводят проверку состояния охраны труда в цехе с участием главных специалистов цеха. Обнаруженные нарушения записываются в специальный журнал, устанавливаются сроки и ответственные лица за их устранение.
- 3) Руководитель подразделения цеха вместе с общественным инспектором по охране труда за 15-20 минут до начала смены проверяют рабочие места, исправность оборудования и отклонения от техники безопасности.
- 4) Самоконтроль заключается в том, что каждый рабочий цеха по графику назначается в течение смены дежурным по охране труда.

59. Организация охраны труда на предприятии. Права, обязанности и ответственность должностных лиц и работников.

59. В соответствии с основными законодательствами об охране труда, запрещается ввод в эксплуатацию предприятий, не обеспечивающих требования безопасности труда. Эти требования изложены в специальных документах, которые разрабатываются на основе действующего законодательства и опыта работы в промышленности, а также на основе результатов научных работ. Общероссийские правила и нормы распространяются по всей территории России и к ним можно отнести:

- СНиП (строительные нормы и правила)
- СН (санитарные нормы)
- ПУЭ (правила устройства электрооборудования)

Межотраслевые правила регламентируют безопасность условий труда для каких-либо видов работ, производств или видов оборудования встречающихся в различных отраслях народного хозяйства. Отраслевые распространяются на отдельные отрасли или группы отраслей промышленности. Для обеспечения охраны здоровья населения и безопасности работающих, разработаны ГОСТы. В этих ГОСТах присутствуют стандарты двух направлений:

- 1) разработка требований безопасности в виде стандартов на продукцию и изделия
 - 2) разработка специальных стандартов безопасности труда (ССБТ)
- ССБТ ГОСТ включает в себя 6 классификационных группировок, а каждая группировка включает в себя определенные стандарты по той или иной группе безопасности труда.

ГОСТ 11 2 333 44

11 – класс госта

2 – номер группировки

333 – порядковый номер группировки ГОСТа

44 – год регистрации

Ответственность за нарушение трудового законодательства.

Руководитель предприятия обязан обеспечить:

- 1) финансирование мероприятий по охране труда и выделение материальных ресурсов
- 2) бесперебойное снабжение рабочих спецодеждой, а также средствами индивидуальной защиты
- 3) соблюдать требования трудового законодательства при поступлении на работу, примени сверхурочного труда, а также выполнение режимов отдыха, использование труда женщин и подростков.

Главный инженер обязан обеспечить:

- 1) планирование и выполнение технических и организационных мероприятий
- 2) внедрение новой техники и технологий
- 3) обучение рабочих правилам техники безопасности

Различают 4 вида ответственности

- 1) Дисциплинарная

Когда администрация предприятия за нарушение правил охраны труда накладывает следующие наказания:

- замечание
- выговор
- перевод на нижестоящую должность
- увольнение

Указанные взыскания налагаются сразу после обнаружения нарушения, но не позднее 1 месяца со дня его обнаружения или 6 месяцев со дня его совершения.

- 2) Административная

Привлекаются должностные лица, допустившие нарушение трудового законодательства. Эта ответственность выражается в виде денежных штрафов, налагаемых представителем технической инспекции.

- 3) Материальная

Накладывается за ущерб, причиненный предприятию или отдельным лицам. Это возмещение ущерба не исключает дисциплинарной и другой ответственности. По действующему законодательству, размер взыскания не должен превышать стоимости понесенного ущерба. Если допущено нарушение, не содержащее признаков нарушения ответственности, то возмещение должно быть не более 1/3 тарифной ставки или должностного оклада. Полную материальную ответственность несет работник, в действиях которого имеются признаки уголовной ответственности.

- 4) Уголовная

Привлекаются должностные лица, нарушившие трудовое законодательство, если эти нарушения явились причинами тяжелых или групповых несчастных случаев, аварий, приведших к значительному материальному ущербу и человеческим жертвам. В соответствии с действующим законодательством работники, допустившие нарушение правил и норм по охране труда, которые не повлекли несчастных случаев, но представляли опасность для жизни и здоровья людей, могут быть привлечены к лишению свободы: на обычных предприятиях до 1 года, на вредных и опасных предприятиях – до 2-х лет.

60. Понятие опасных и вредных производственных факторов, несчастного случая и профессионального заболевания. Порядок расследования и учета несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Показатели травматизма.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредный производственный фактор, в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия, может стать опасным.

Несчастный случай на производстве - это событие, в результате которого застрахованное лицо получило увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных законом случаях как на территории страхователя, так и за ее пределами либо во время следования к месту работы или возвращения с места работы на транспорте, предоставленном страхователем, и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу, временную или стойкую **утрату им профессиональной трудоспособности** либо его смерть.

Профессиональное заболевание - это хроническое или острое заболевание застрахованного лица, являющееся результатом воздействия вредного (вредных) производственного (производственных) фактора (факторов) и повлекшее временную или стойкую **утрату профессиональной трудоспособности**.

Под острым профессиональным заболеванием (отравлением) понимается заболевание, являющееся, как правило, результатом однократного (в течение не более одного рабочего дня, одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности.

Под хроническим профессиональным заболеванием (отравлением) понимается заболевание, являющееся результатом длительного воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности.

Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве

Трудовой кодекс РФ посвятил вопросам расследования и учета несчастных случаев на производстве пять статей. Некоторые из них по объему очень большие (3-4 страницы) и по форме изложения похожи на инструкции.

Кроме Кодекса основными нормативными актами по этому вопросу являются постановление Правительства РФ от 31 августа 2002 г. "О формах документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве и об особенностях расследования несчастных случаев на производстве"*(109), Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях*(110), утв. постановлением Министерства труда РФ от 24 октября 2002 г.; Положение о расследовании и учете профессиональных заболеваний, утв. постановлением Правительства РФ от 15 декабря 2000 г., которые действуют в части, не противоречащей Трудовому кодексу РФ.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи на производстве, происшедшие с работниками, выполняющими работу по трудовому договору; со студентами образовательных учреждений при прохождении производственной практики в организациях; с другими лицами, участвующими в производственной деятельности организации или индивидуального предпринимателя. Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошел с работником, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Расследование и учет несчастных случаев на производстве возлагается на работодателя. В статье 228 ТК РФ законодатель указывает обязанности работодателя при несчастном случае на производстве. Работодатель обязан немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в учреждение здравоохранения; принять меры по предотвращению аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц; сохранить до начала расследования обстановку происшествия, сделать фотографии, схемы и т.п.; обеспечить своевременное расследование в соответствии с требованиями Кодекса; немедленно проинформировать о несчастном случае на производстве родственников пострадавшего, а также направить сообщения в соответствующие органы и организации. Так, при групповом несчастном случае (два человека и более), тяжелом несчастном случае на производстве, несчастном случае со смертельным исходом работодатель в течение суток обязан сообщить:

о несчастном случае, происшедшем в организации:

в соответствующую государственную инспекцию труда;

в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;

в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;

в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;

в территориальные объединения организаций профсоюзов;

в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации или на объекте, подконтрольных этому органу;

страховщику по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

в соответствующую государственную инспекцию труда;

в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;

в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;

в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;

страховщику по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно должен создать комиссию в составе не менее трех человек. В состав комиссии включаются: специалист по охране труда или лицо, назначенное ответственным за организацию работы по охране труда приказом работодателя; представитель работодателя; представитель профсоюзного органа или иного уполномоченного работниками представительного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Каждый работник или уполномоченный им представитель имеет право на личное участие в расследовании несчастного случая на производстве, происшедшего с работником.

Для расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая, несчастного случая со смертельным исходом в состав комиссии также включаются государственный инспектор по охране труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления, представитель территориального объединения организаций профессиональных союзов. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав во главе с государственным инспектором по охране труда.

По требованию пострадавшего (в случае смерти пострадавшего - его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо.

При групповом несчастном случае на производстве с числом погибших 5 человек и более в состав комиссии включаются также представители федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и представители общероссийского объединения профессиональных союзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор по охране труда соответствующей государственной инспекции труда.

При крупных авариях с числом погибших 15 человек и более расследование проводится комиссией, состав которой утверждается Правительством Российской Федерации.

Расследование несчастного случая на производстве, который не квалифицируется как групповой и не относится к категории тяжелых несчастных случаев или несчастных случаев со смертельным исходом, проводится комиссией в течение 3 дней. Расследование группового несчастного случая, тяжелого несчастного случая и со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

По каждому несчастному случаю на производстве оформляется акт о несчастном случае на производстве в двух экземплярах. При групповом несчастном случае на производстве акт составляется на каждого пострадавшего отдельно. В акте должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая на производстве, а также указаны лица, допустившие нарушения требований безопасности и охраны труда. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте указывается степень вины застрахованного в процентах, определенная комиссией по расследованию несчастного случая на производстве.

Акт о несчастном случае на производстве подписывается членами комиссии, утверждается работодателем и заверяется печатью, а также регистрируется в журнале регистрации несчастных случаев на производстве. В трехдневный срок после утверждения акта о несчастном случае на производстве работодатель обязан выдать один экземпляр пострадавшему, а при несчастном случае со смертельным исходом - родственникам либо доверенному лицу погибшего. Второй экземпляр акта о несчастном случае на производстве вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет по месту работы пострадавшего на момент несчастного случая на производстве. При страховых случаях третий экземпляр акта и материалы расследования работодатель направляет в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации в качестве страхователя).

По результатам расследования государственный инспектор по охране труда составляет заключение, а также выдает предписание, которые являются обязательными для исполнения работодателем.

Все разногласия по вопросам расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве

рассматриваются соответствующими органами государственной инспекции труда или судом (ст. 231 ТК РФ).

Травматизм численно выражается в количествах случаев на 1000 человек в год, а также учитывается степень тяжести полученных травм.

Анализ причин и уровня травматизма может быть проведен различными методами: групповым, типографским, монографическим, статистическим и экономическим.

При групповом методе - несчастные случаи распределяются по группам в зависимости от характера работ, вида оборудования, характера повреждений и т. п. за определенный период времени. При этом выявляется повторяемость случаев, опасность работы на том или ином оборудовании.

Типографский метод - заключается в распределении причин несчастных случаев по месту происшествия, при этом выявляются неблагоприятные места по травматизму.

Монографический метод - состоит в детальном исследовании комплекса условий, при которых произошел несчастный случай: детально изучается технологический процесс, оборудование, особенности работы и пр. При этом методе выявляются не только причины несчастного случая, но и потенциальные опасности, что позволяет наиболее полно установить меры предупреждения опасности, что позволяет наиболее полно установить меры предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний.