

ГУАП

КАФЕДРА № 6

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

доцент, канд. техн. наук
должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Т. П. Мишура
инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

по курсу:

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ гр. №

4326

подпись, дата

Г. С. Томчук
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2023

ПРОТОКОЛ
Лабораторная работа №3
«Исследование факторов поражения человека электрическим током»

Вариант 2

Группа: УЗ16 Студенты: Момчиц Т., Волков Е.,
Борисов О., Кондратьев Р., Кривош Р., Якулов Р.

(ПОДПИСЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ)

(ДАТА)

1. Определение параметров электрического сопротивления тела человека

Частота		Результаты			
		измерений		расчётов	
f, Гц	lgf	U _B	U _{MB}	I, mA	Z, кОм
25	1,4	2	1,0	0,1	20
35	1,5		1,1	0,11	18,18
45	1,6		1,3	0,13	15,38
60	1,8		1,5	0,15	13,33
100	2,0		2,0	0,2	10
250	2,4		4,8	0,48	4,17
500	2,7		10,0	1	2
1000	3,0		20,0	2	1
2500	3,4		50,0	5	0,4
5000	3,7		100,0	10	0,2
10000	4,0		200,0	20	0,1
20000	4,3		350,0	35	0,06

Определить R_B при $f = 15000$ Гц и Z_H при $f = 100$ Гц.

2. Исследование влияние сопротивления тела человека на величину тока при прикосновении его к одной из фаз сети с изолированной нейтралью

Режим работы	Результаты измерений для фазы A						
	$R_{из. фазы} = 0,5 \text{ МОм}$						
Нормальный	$R_{чел.}, \text{кОм}$	1	2	3	4	5	6
	$I_{чел.}, \text{mA}$	12	10	8	6	5	2

3. Исследование влияния сопротивления изоляции фаз на величину тока при прикосновении человека к одной из фаз сети с изолированной нейтралью

Режим работы	Результаты измерений для фазы A						
	$R_{чел} = 1 \text{ кОм}$						
Нормальный	$R_{из. ф.}, \text{МОм}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$I_{чел.}, \text{mA}$	12	11,5	9	5,5	3	1,5

4. Исследование влияния сопротивления тела человека на величину тока при прикосновении человека к одной из фаз сети с изолированной нейтралью, работающей в аварийном режиме

Режим работы	Результаты измерений для фазы C						
	$R_{зам} = 0,1 \text{ Ом}$						
Аварийный	$R_{чел.}, \text{кОм}$	1	2	3	4	5	6
	$I_{чел.}, \text{mA}$	80	64	50	40	35	30

5. Исследование влияния сопротивления тела человека на величину тока при прикосновении человека к одной из фаз сети с глухозаземленной нейтралью

Режим работы	Результаты измерений для фазы C $R_0 = 0,5 \text{ Ом}$						
	$R_{\text{чел}}, \text{кОм}$	1	2	3	4	5	6
Нормальный	$I_{\text{чел}}, \text{мА}$	71	57	42	30	27	22

6. Исследование влияния сопротивления тела человека на величину тока при прикосновении человека к одной из фаз сети с глухозаземленной нейтралью, работающей в аварийном режиме

Режим работы	Результаты измерений для фазы A $R_0 = 0,5 \text{ Ом}$ $R_{\text{зам}} = 0,1 \text{ Ом}$						
	$R_{\text{чел}}, \text{кОм}$	1	2	3	4	5	6
Аварийный	$I_{\text{чел}}, \text{мА}$	81	65	52	39	35	31

7. Исследование изоляции трехфазной сети переменного тока

Наименование фазы	Результаты измерения и расчётов	
	$R_{\text{из}}, \text{МОм}$	$R_{\text{доп}}, \text{МОм}$
А	500	0,5
Б	0,1	
С	3	

8. Исследование изоляции проводов

Марка провода	Результаты измерения $R_{\text{изм}}, \text{МОм}$	$R_{\text{доп}}, \text{МОм}$
БПВЛ	0,4	0,5
БПВЛЭ	20	0,5
БПТ	50	0,5
БПТЭ	50	0,5
ПР	0,1	0,2
АПР	30	0,2

1 Исходные данные

Вариант: 2.

2 Цель работы

Цель работы заключается в изучении основных схем трёхфазных электрических сетей переменного тока до 1000 В и опасностей, возникающих при прикосновении человека к одной из фаз; в исследовании факторов, определяющих опасность поражения человека электрическим током, методов теоретического и экспериментального исследования сопротивления тела человека, изоляции электрических сетей и проводов; в ознакомлении с защитными функциями заземляющих и зануляющих устройств, обеспечивающих электробезопасность при работе с электроустановками, методами их исследования, нормами, приборами и методикой контроля.

3 Расчетные формулы

$$I = \frac{U_{мВ}}{10},$$

где I – сила тока (мА), $U_{мВ}$ – показания на вольтметре.

$$Z = \frac{U_B}{I},$$

где Z – полное сопротивление тела человека (кОм), I – сила тока, U_B – выходное напряжение генератора.

$$Z_n = r_B \text{ (при } f > 10 \text{ кГц)},$$

где Z_n – полное сопротивление наружного слоя кожи, r_B – внутреннее сопротивление рук и тела человека.

$$r_H = \frac{Z_0 - r_B}{2},$$

где r_H – активное сопротивление наружного слоя кожи (кОм), Z_0 – сопротивление тела человека при $f \rightarrow 0$, r_B – внутреннее сопротивление рук и тела человека.

$$Z_H = \frac{Z_f - r_B}{2},$$

где Z_H – полное сопротивление наружного слоя кожи (кОм), r_B – внутреннее сопротивление рук и тела человека, Z_f – полное сопротивление тела человека при данной частоте.

$$X_C = \frac{1}{\omega * C} = \frac{1}{2 * \pi * f * C},$$

где X_C – ёмкостное сопротивление человека (кОм), ω – круговая частота, C – ёмкость наружного слоя кожи, f – частота.

$$C = \frac{\sqrt{r_H^2 - Z_H^2}}{2 * \pi * Z_H * r_H * f},$$

где C – ёмкость наружного слоя кожи (мкФ), r_H – активное сопротивление наружного слоя кожи, Z_H – полное сопротивление наружного слоя кожи, f – частота.

4 Результаты измерений и вычислений

Таблица 1 – Определение параметров электрич. сопротивления тела человека

Частота		Результаты			
		измерений		расчётов	
f, Гц	lgf	Uв	UмВ	I, мА	Z, кОм
25	1,4	2	1,0	0,1	20
35	1,5		1,1	0,11	18,18
45	1,6		1,3	0,13	15,38
60	1,8		1,5	0,15	13,33
100	2,0		2,0	0,2	10
250	2,4		4,8	0,48	4,17
500	2,7		10,0	1	2
1000	3,0		20,0	2	1
2500	3,4		50,0	5	0,4
5000	3,7		100,0	10	0,2
10000	4,0		200,0	20	0,1
20000	4,3		350,0	35	0,06

$r_B = 0,08 \text{ кОм}$ (при $f = 15000 \text{ Гц}$)

$Z_0 \approx 22 \text{ кОм}$

$r_H = \frac{1}{2} * (22 - 0,08) = 10,96 \text{ кОм}$

$Z_H = \frac{1}{2} * (10 - 0,08) = 4,96 \text{ кОм}$ (при $f = 100 \text{ Гц}$)

$C = 0,29 \text{ мкФ}$

$X_c = 5,5 \text{ кОм}$

5 Графики зависимости

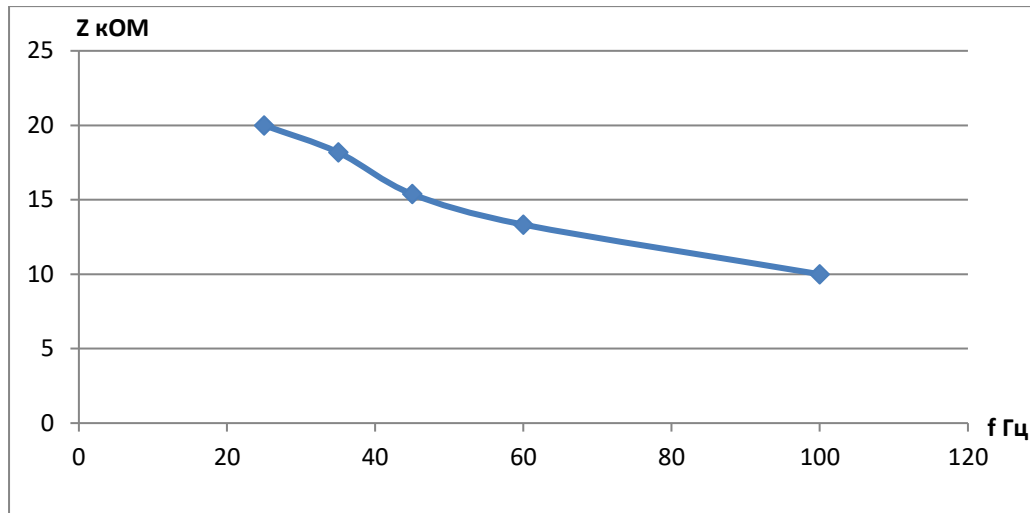


Рисунок 1 – График зависимости $Z(f)$, $f < 100 \text{ Гц}$

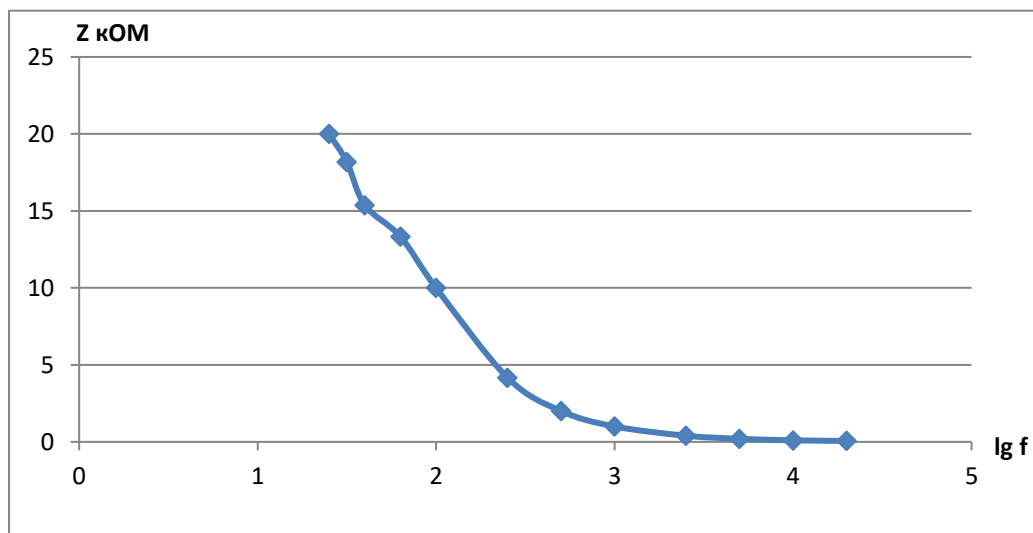


Рисунок 2 – График зависимости $Z(\lg f)$, $f > 100 \text{ Гц}$

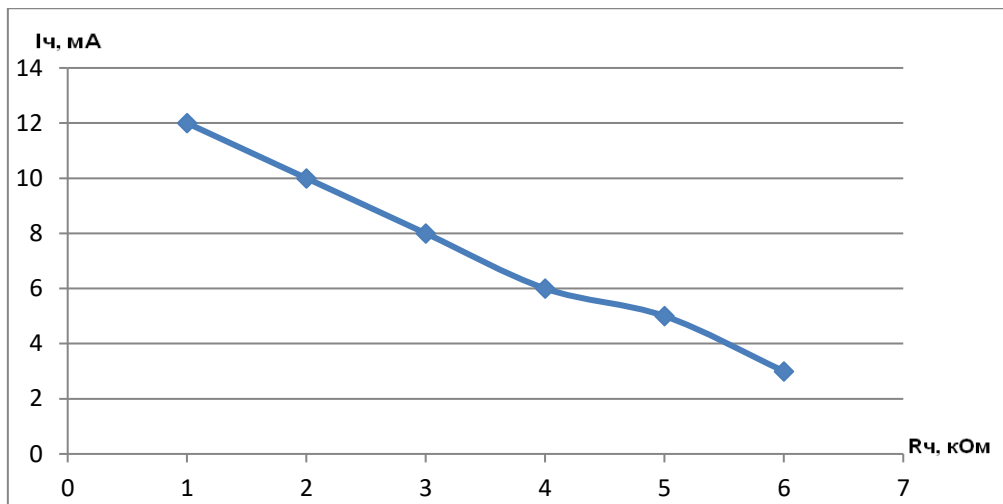


Рисунок 3 – График зависимости $I_{чел}(R_{чел})$ при прикосновении человека к одной из фаз сети с изолированной нейтралью

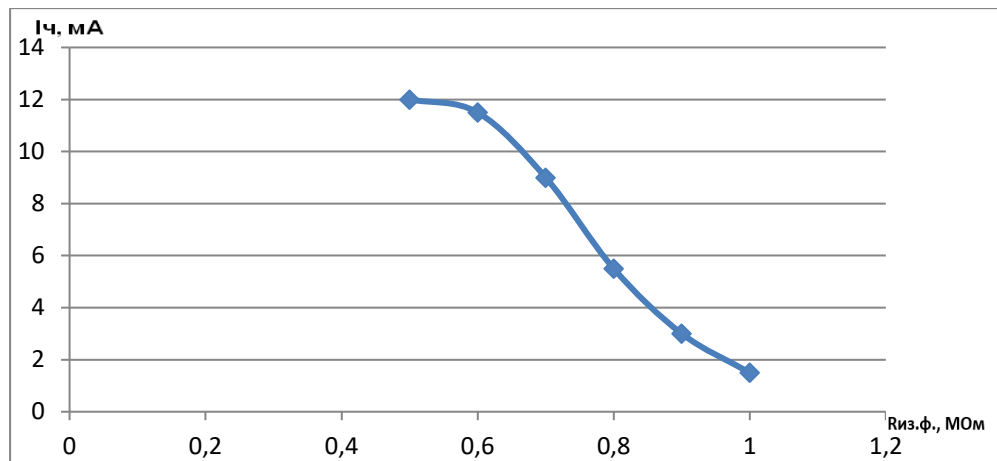


Рисунок 4 – График зависимости $I_{чел}(R_{из.ф.})$ при прикосновении человека к одной из фаз сети с изолированной нейтралью (влияние сопротивления изоляции фаз на величину тока)

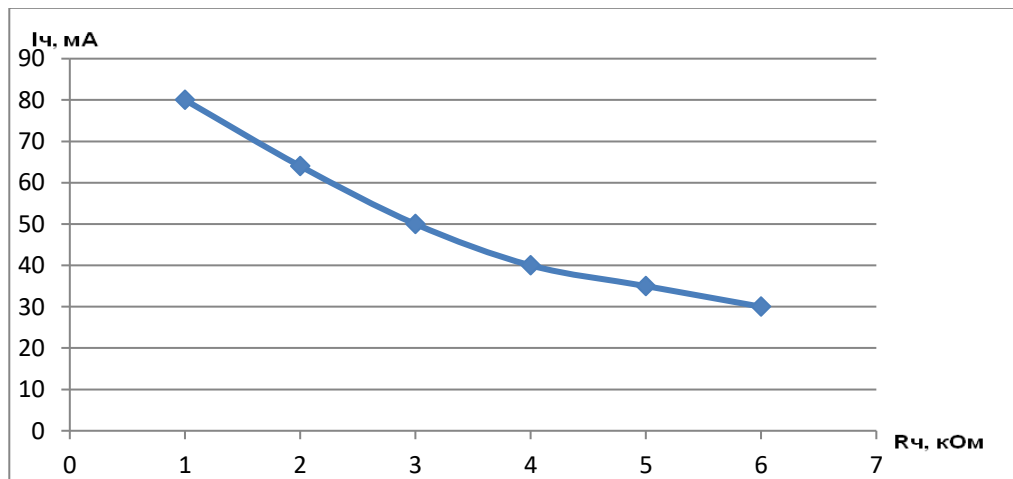


Рисунок 5 – График зависимости $I_{чел}(R_{чел})$ при прикосновении человека к одной из фаз сети с изолированной нейтралью в аварийном режиме

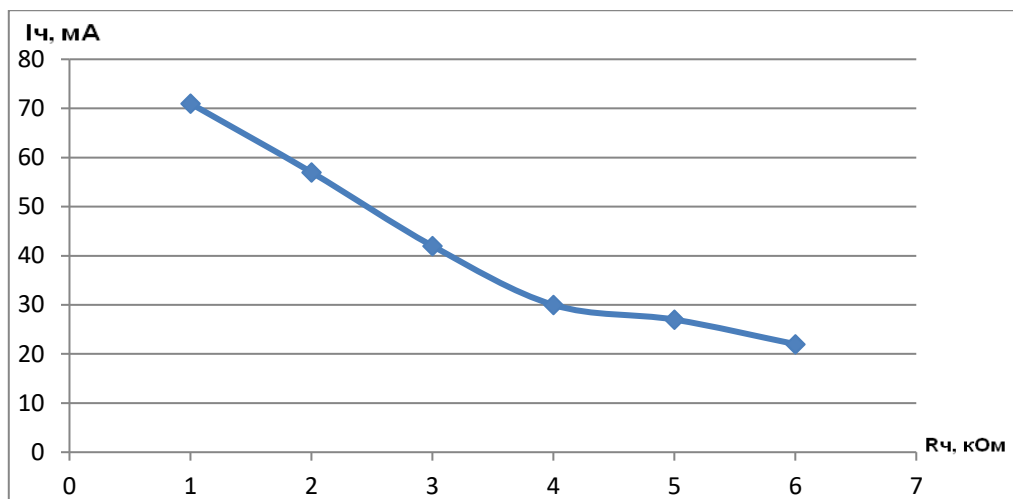


Рисунок 6 – График зависимости $I_{\text{чел}}(R_{\text{чел}})$ при прикосновении человека к одной из фаз сети с глухозаземленной изолированной нейтралью

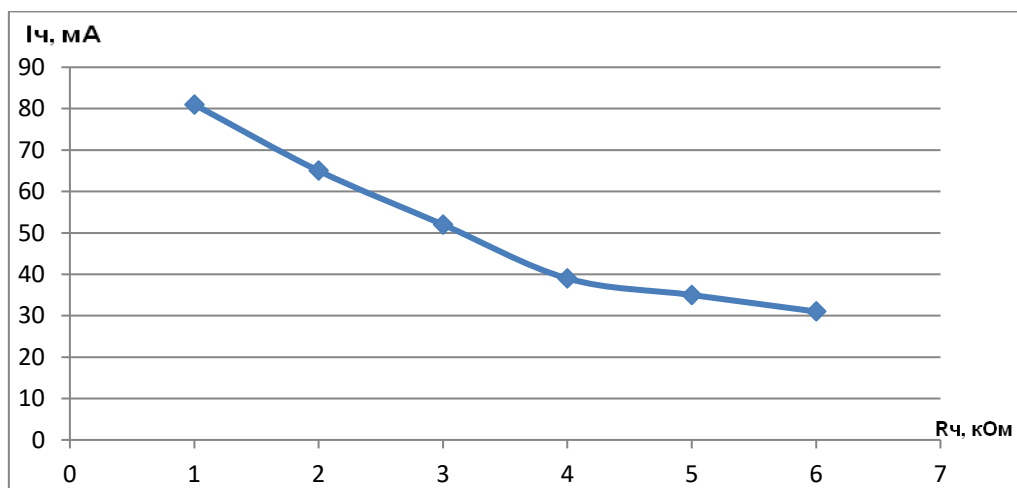


Рисунок 7 – График зависимости $I_{\text{чел}}(R_{\text{чел}})$ при прикосновении человека к одной из фаз сети с глухозаземленной изолированной нейтралью в аварийном режиме

6 Принципиальные схемы подключения приборов

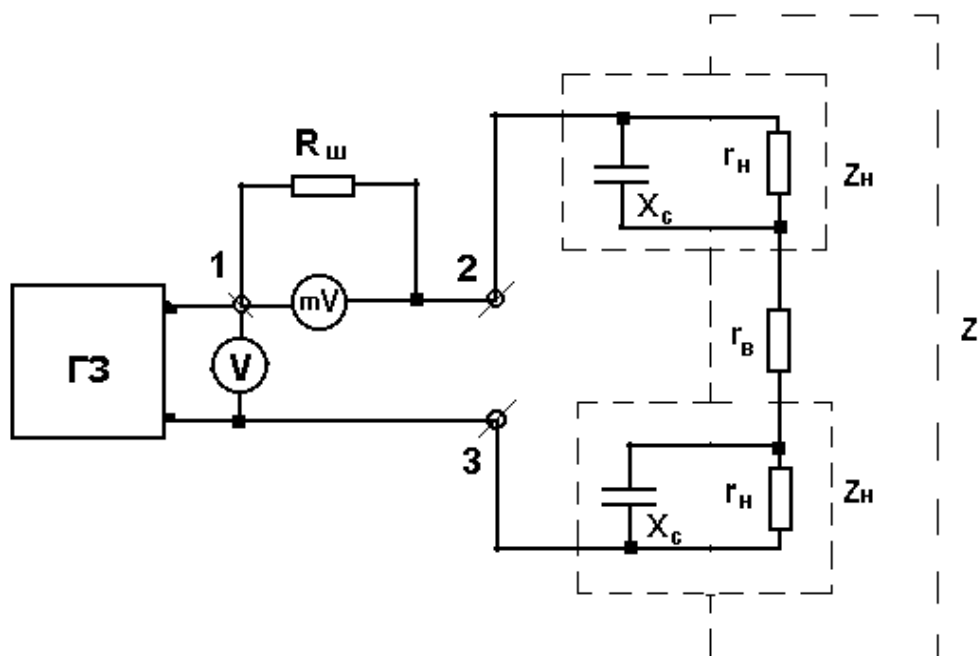


Рисунок 8 - Схема подключения измерительных приборов к модели для исследования электрического сопротивления тела человека

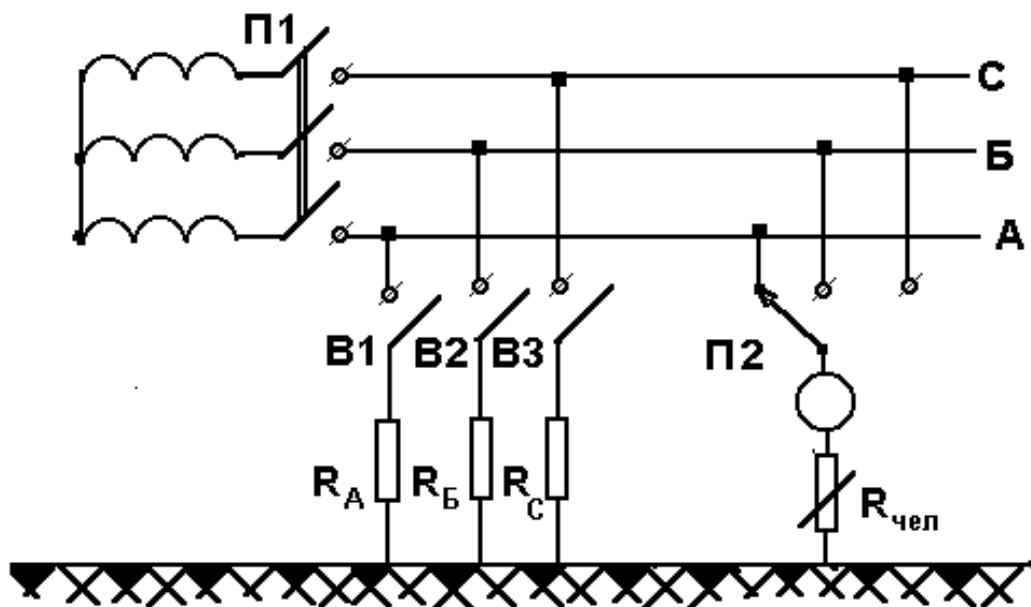


Рисунок 9 - Схема исследуемой трёхфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью

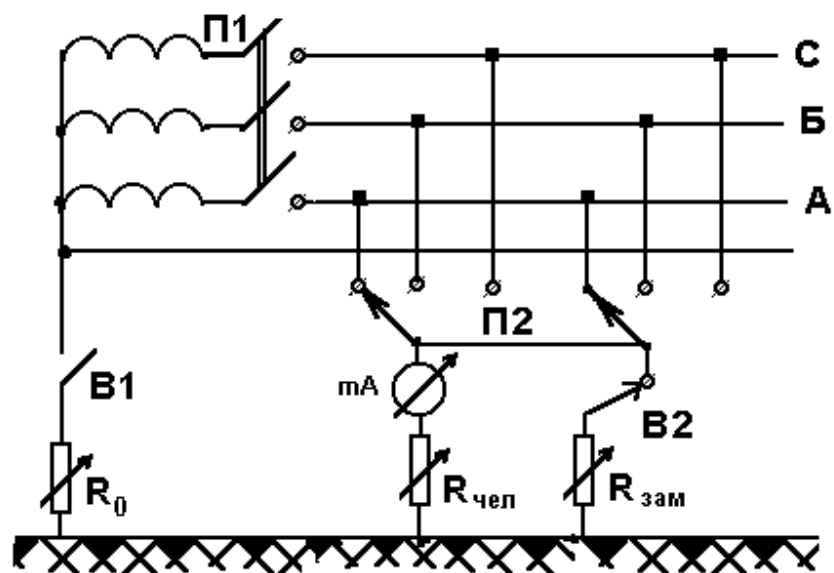


Рисунок 10 - Схема трёхфазной сети переменного тока с изолированной и глухозаземлённой нейтралью

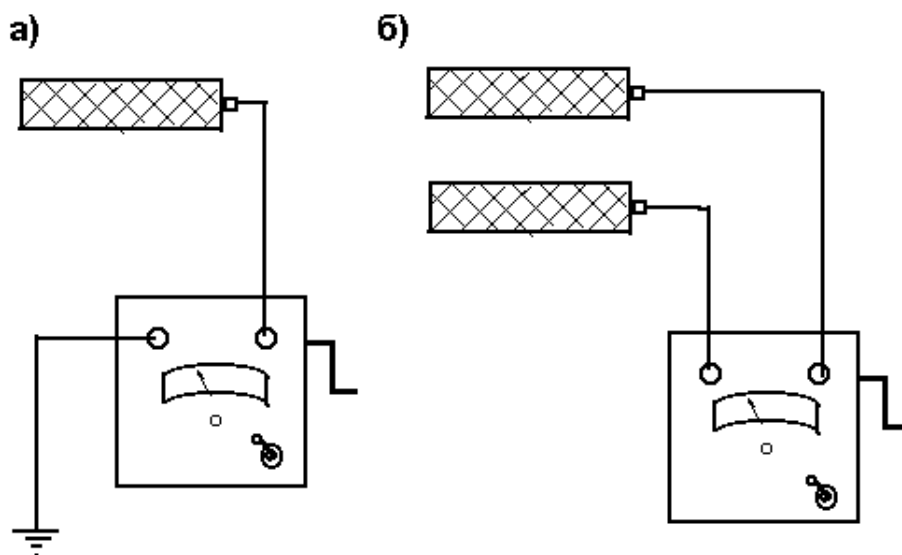


Рисунок 11 - Схемы присоединения мегаомметра М1102. а) Измерение сопротивления изоляции фазного провода; б) измерение сопротивления изоляции между фазами

7 Выводы

В ходе работы были изучены основные схемы трёхфазных электрических сетей переменного тока до 1000 В и опасности, возникающие при прикосновении человека к одной из фаз; исследованы факторы, влияющие на вероятность поражения человека электрическим током, методы теоретического и экспериментального исследования сопротивления тела человека; оценено состояние изоляции электрических сетей и проводов; изучены методы измерения сопротивления изоляции, нормы и приборы.

1. Из графика зависимости $Z(f)$ видно: чем больше частота, тем больше полное сопротивление тела человека стремится к нулю. В связи с этим увеличивается фактор опасности поражения человека электрическим током.
2. Из графиков зависимости (рис. 3–7) можно заметить, что при увеличении сопротивления изоляции опасность поражения током уменьшается. Однако прикосновение к сети в аварийном режиме опаснее, чем прикосновение к сети при нормальном режиме работы, как в случае изолированной нейтрали, так и в случае глухозаземленной нейтрали.
3. Также при сравнении графиков зависимости можно заметить, что схема с глухозаземленной нейтралью опасней схемы с изолированной нейтралью, т.к. способная поразить человека током большей силы.
4. При исследовании изоляции трехфазной сети и проводов нарушения ТБ не были выявлены.