



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



ПРЕДМЕТ:

ИЗОЛЯЦИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

ТЕМА

02

• УСТРОЙСТВО И
ХАРАКТЕРИСТИКА
ИСТОЧНИКОВ ВЫСОКОГО
ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ



БАБАЕВ АЗИЗ
ГАЛИБОВИЧ



“Elektr ta’minoti va qayta
tiklanuvchan energiya
mambalari” kafedrası



Общая особенность измерений на высоком напряжении состоит в том, что измерения выполняются при воздействии сильных электрических и магнитных полей, которые вызывают в измерительных цепях помехи *сравнимые*, а зачастую и *превышающие* уровень измеряемого сигнала.

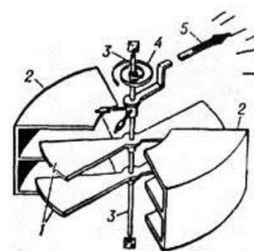
Кроме этого, существенное влияние оказывают такие факторы, как емкостные связи между элементами измерительной системы, собственная индуктивность этих элементов, коронный и частичные разряды, сопротивление утечки и т.п.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

- Электростатические высоковольтные вольтметры используются для непосредственного отсчета измеряемого напряжения.



Электростатические измерительные преобразователи



1. Подвижные пластины
2. Неподвижные камеры
3. Подвижная ось
4. Пружина
5. Стрелка
6. Шкала

$$M_{\text{врт}} = \frac{dW_0}{d\alpha} = \frac{d}{d\alpha} \left(\frac{Cu^2}{2} \right) = \frac{u^2 dC}{2 d\alpha}$$

C — электрическая емкость

$$M_{\text{врт}} = \frac{U^2 dC}{2 d\alpha} \text{ — для постоянного напряжения}$$

$$M_{\text{врт}} = \frac{dC}{d\alpha} \frac{1}{T} \int_0^T (U_{\text{max}} \sin \omega t)^2 dt = \frac{U^2 dC}{2 d\alpha} \text{ — для переменного напряжения}$$

$$\alpha = \frac{U^2 dC}{2W d\alpha}$$

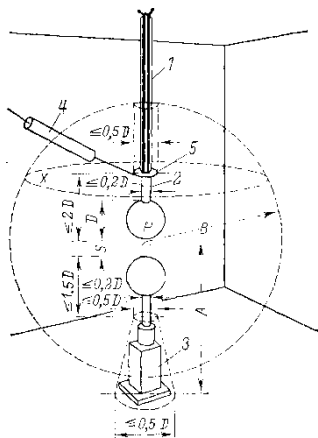
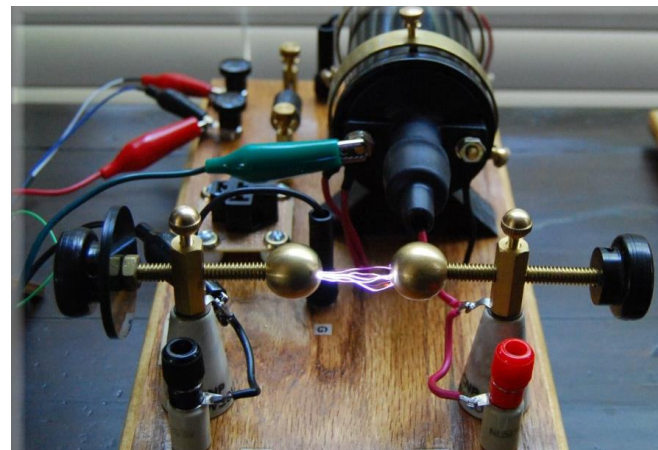
- Принцип измерения основан на измерении сил электрического поля, возникающих между электродами измерительной системы

Электростатические высоковольтные вольтметры имеют относительно малую погрешность измерения, небольшую входную емкость и позволяют измерять действующее значение напряжения и постоянное напряжение в пределах до 300 кВ.



Шаровой измерительный разрядник

- Измерение основано на использовании зависимости пробивного напряжения воздушного промежутка между шаровыми электродами от расстояния между ними.



Основной принцип работы шаровых разрядников основан на явлениях коронного разряда и плазменной связи. Когда на шаровой разрядник подается высокое напряжение, возникает электрическое поле достаточной силы, чтобы вызвать разряд вокруг шара. При этом, воздух и другие газы вокруг разрядника ионизируются, образуя плазму.

Для измерения используются промежутки с однородным или слабонеоднородным полем, в которых напряжение пробоя имеет линейную зависимость от расстояния.

При измерении пользуются градуировочными таблицами, дающими связь пробивного напряжения с диаметром шаровых электродов и расстоянием между ними.

***Устройство
электростатического
киловольтметра и
измерительного шарового
разрядника –
ИЗУЧИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО.***

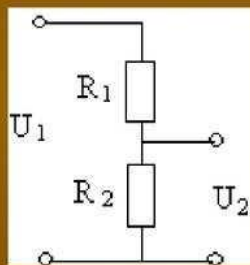
Измерение высоких напряжений с помощью делителей

- Широкое применение в ТВН получил процесс измерения высоких напряжений различного вида и класса с помощью *делителей напряжения*.

Делители напряжения на постоянном токе

Делители напряжения предназначены для получения определенного соотношения между входным напряжением U_1 и выходным напряжением U_2 при $U_2 < U_1$.

- Простейший резисторный делитель не нагружен



Коэффициент преобразования

$$S = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}}$$

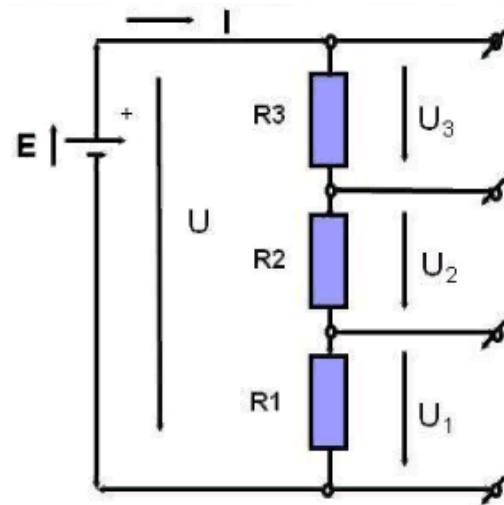
- резисторный делитель нагружен сопротивлением R_n , с которого и снимается напряжение

Коэффициент преобразования в этом случае

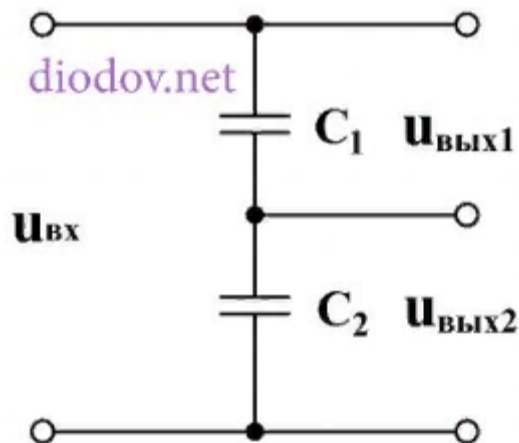
$$S_n = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_n} \right)}$$

- Применяются делители следующих ТИПОВ:

- **ОМИЧЕСКИЕ,**

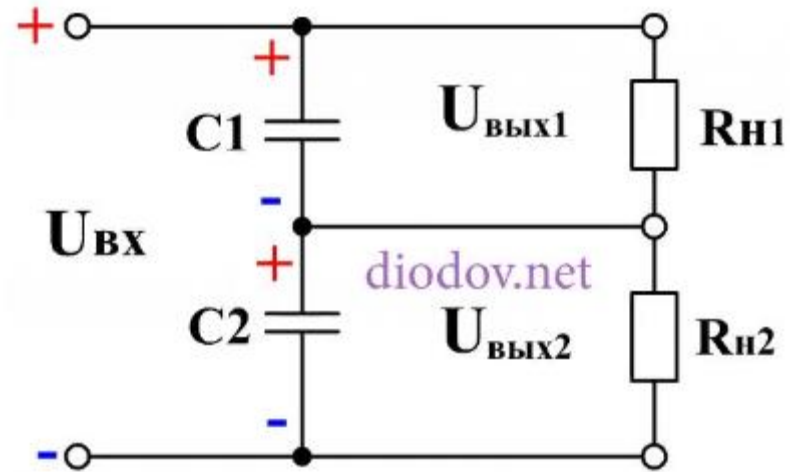


- **ЕМКОСТНЫЕ**



diodov.net

- **ОМИЧЕСКО-ЕМКОСТНЫЕ**



- Делитель, представляя собой цепь последовательно включенных активных или реактивных сопротивлений.
- К делителям напряжения предъявляется основное требование:
- *напряжение на низковольтном плече делителя должно по форме повторять измеряемое напряжение.*

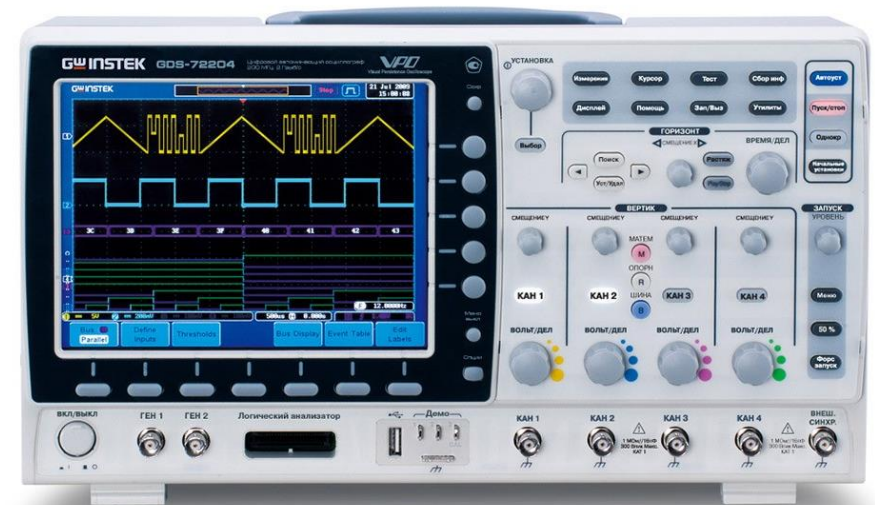
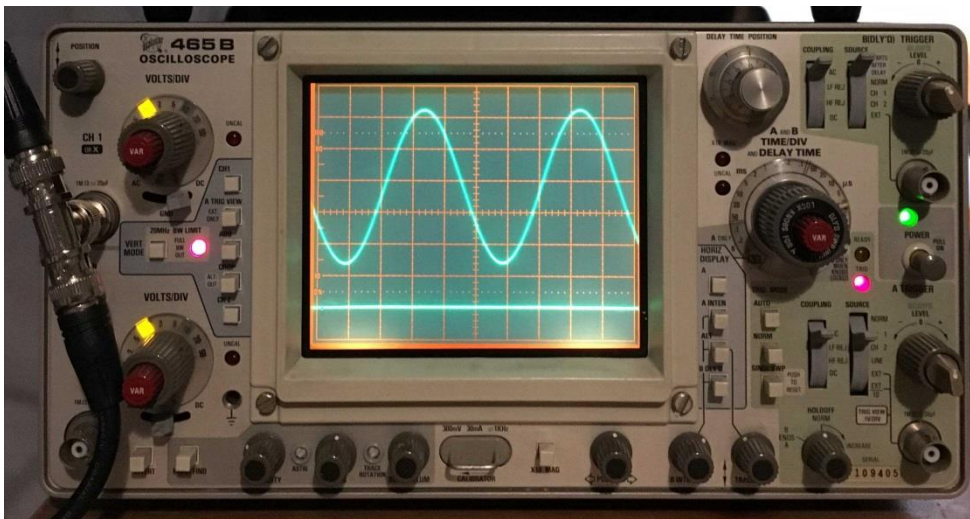
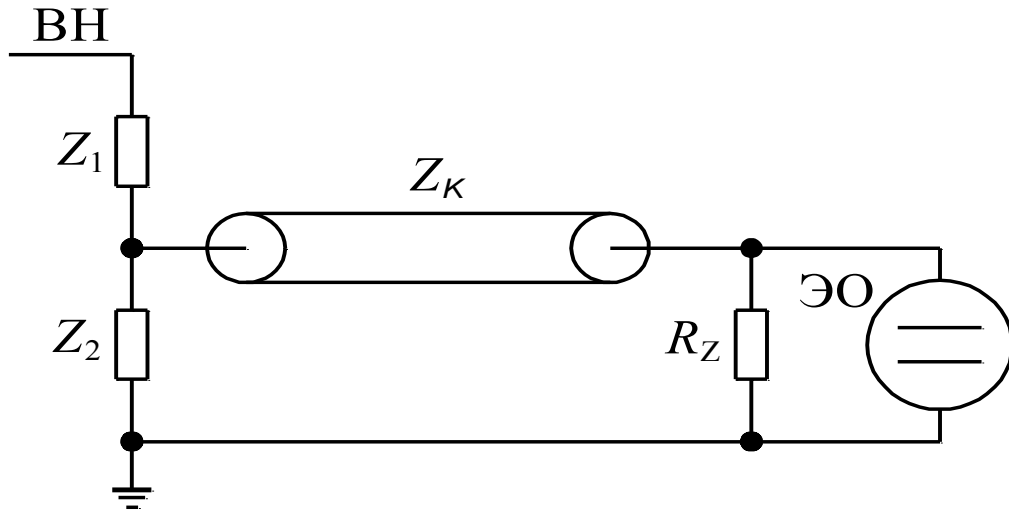
- Это значит, что коэффициент деления не должен зависеть от частоты и величины измеряемого напряжения. Кроме этого, на коэффициент деления не должны влиять внешние электростатические и электромагнитные поля, корона и утечки по изоляционной конструкции делителя.

- **Передачным отношением или коэффициентом деления**

делителя, состоящего из N однородных элементов с сопротивлением Z , называют отношение напряжения, подводимого к делителю ($U1$) к величине напряжения, снимаемого с низковольтной части делителя ($U2$):

- $K = U1 / U2 = (Z1+Z2)/Z2$

СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ НА БАЗЕ ДЕЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ



Причиной появления погрешностей при измерении
меняющихся во времени напряжений являются
паразитные параметры присутствующие в цепи
делителя, а именно:
***индуктивность, продольная емкость единицы
длины, емкость единицы длины относительно
земли.***

Особенности омических делителей напряжения.

Индуктивность делителя является нежелательным, но неизбежным параметром, присущим любому делителю. Величина ее зависит от конструктивного исполнения делителя и пропорциональна его длине. При измерении переменных напряжений промышленной частоты влиянием индуктивности на точность измерения можно пренебречь. При измерении импульсного напряжения погрешность, связанная с индуктивностью, начинает возрастать. Погрешность связана с возникновением колебаний.

Влияние индуктивности существенно для низкоомных делителей, у которых сопротивление порядка 400 Ом и меньше.

Для высокоомных делителей влиянием индуктивности можно пренебречь.

Уменьшить влияние индуктивности на измеряемое напряжение можно, используя малоиндуктивные сопротивления.

На характер передачи формы напряжения решающее влияние оказывает емкость делителя на землю.

Эта емкость неравномерна по длине делителя и ее наличие приводит к неравномерному распределению напряжения вдоль его длины.

При измерении импульсных и высокочастотных напряжений омическим делителем возникают еще более сложные проблемы, связанные с высокой скоростью нарастания напряжения.

Переходная функция омического незэкранированного делителя при воздействии прямоугольного импульса с учетом некоторых допущений имеет вид:

$$h(t) = \frac{U_n}{U_N} = \frac{n}{N} \left[1 + 2 \sum_{k=1}^K (-1)^k \cdot e^{-t/\tau_k} \right]$$

где n/N – величина, обратная коэффициенту деления.

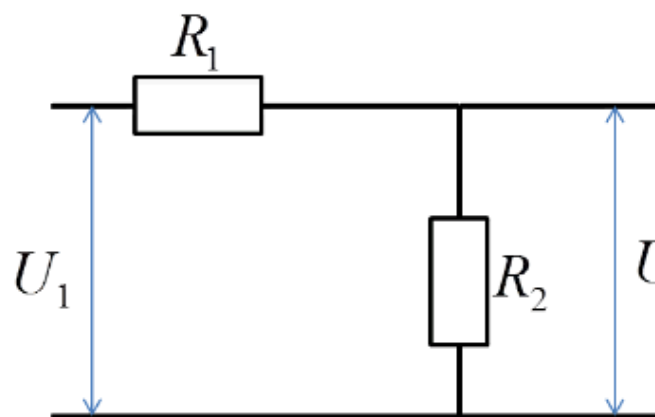
Второе слагаемое представляет сумму экспонент и характеризует нелинейность распределения напряжения, *т.е. погрешность измерения.*

Для уменьшения погрешностей необходимо уменьшить τk , т.е. использовать малогабаритные низкоомные делители, что ограничивается максимальной допустимой напряженностью и отбором мощности.

4.

Расчет схемы делителя напряжения

Рисунок 1. Делитель напряжения



3 начения:

- $R_{1н} = 5.1 \text{ кОм};$

- $R_{2н} = 10.1 \text{ кОм};$

- $U_1 = 5 \text{ В.}$

$$U_2 = \frac{R_{2н}}{R_{1н} + R_{2н}} U_1 = \frac{10,1}{5,1 + 10,1} * 5 = 0.9804 \text{ В};$$

$$R_{1\partial} = R_{1н} \pm \Delta R_1 = 5.100 \pm 0.051 \text{ кОм};$$

$$R_{2\partial} = R_{2н} \pm \Delta R_2 = 10.1000 \pm 0,0505 \text{ кОм};$$

$$\Delta U_2 = \pm \frac{\partial}{\partial R_1} \left(\frac{R_{2н}}{R_{1н} + R_{2н}} \right) \Delta R_1 U_1 \pm \frac{\partial}{\partial R_2} \left(\frac{R_{2н}}{R_{1н} + R_{2н}} \right) \Delta R_2 U_1 ;$$

$$\Delta U_2 = \pm \frac{R_{2н}}{(R_{1н} + R_{2н})^2} \Delta R_1 U_1 \pm \frac{R_{2н}}{(R_{1н} + R_{2н})^2} \Delta R_2 U_1 = \pm 0.00097069 \pm 0.00096117 \text{ В.}$$

Определили погрешность значения напряжения схемы делителя на U2.

5. Оценка инструментальной погрешности делителя напряжения и сравнение с расчетным значением

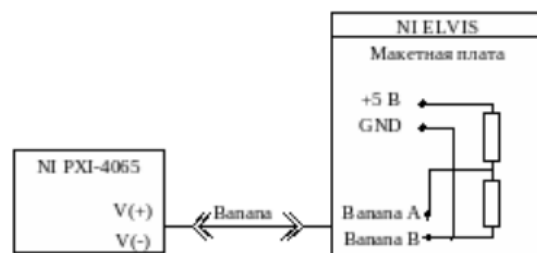


Рисунок 2. Схема делителя напряжения

Значения:

- измеренного напряжения: = 1,7194 В;
- температура устройства: ;
- нормальная температура:
- предел измерений: $D_U = 10$ В.

Основная инструментальная погрешность:

$$\Delta_{осн} = \pm (9 * 10^{-5} U_{изм} + 12 * 10^{-5}) = \pm 0.00027475 \text{ В}$$

Т.к. , существует дополнительная погрешность:

$$\Delta_{доп} = \pm (t_{норм} - t_{рхл}) (5 * 10^{-6} * U_{изм} + 10 * 10^{-6}) = \pm 0.000064718 \text{ В.}$$

Суммарная инструментальная погрешность: $\Delta_{рхл} = \sqrt{\Delta_{доп}^2 + \Delta_{осн}^2} = 0.00028227 \text{ В.}$

Границы результата измерения мультиметром и границы аналитически рассчитанной погрешности делителя напряжения не пересекаются.

3. Вывод

Сгенерировав постоянное напряжение и вычислив его точность измерения, получили:

Проведя еще 10 таких измерений и построив график, увидели прямую зависимость этих значений с границами измерения и границ погрешности генератора от опорного напряжения . Это значит, что погрешность прямо пропорциональна от значений напряжения.

В случае измерения сопротивления резисторов номинальные границы и границы результата измерения пересекаются, что говорит о правильности расчетов.

Однако границы результата измерения мультиметром и границы аналитически рассчитанной погрешности делителя напряжения не пересекаются из-за большой разности измеренных напряжений и, вследствие, их погрешностей.