



**Фан:**

**Электр тармоқлар изоляцияси  
ва ута кучланиш**

Мавзу:

**1**

**Yuqori o'zgaruvchan kuchlanish  
manbalarni to'zilishi va tavsiflari.**



**BABAYEV AZIZ GALIBOVICH**



**Electr ta'minot va qayta tiklanuvchan energiya manabalari  
kafedrasi dotsenti**



# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

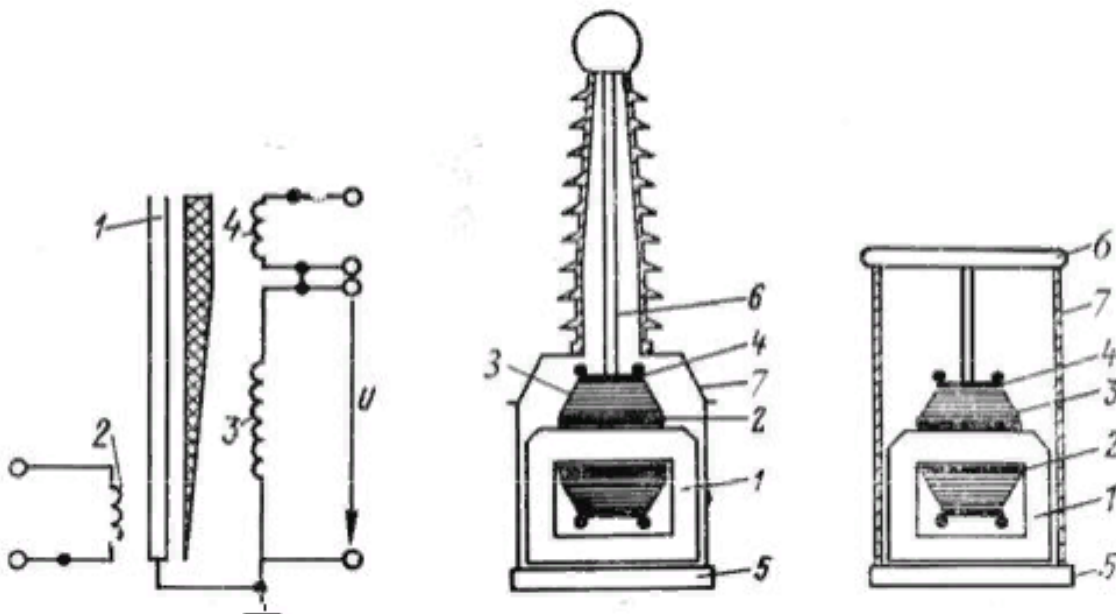
1. Техника высоких напряжений /И.М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гуменова и др.; под редакцией Г.С. Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, 2003.- 608с.
2. Техника высоких напряжений /под ред. Г.С. Кучинского. – СПб.: Изд-во ПЭИПК, 1998. – 700 с.
3. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения/ перевод с немецкого М. Байер, В. Бек и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.
4. Техника высоких напряжений /под ред. М.В. Костенко. –М.: Высшая школа. 1973. – 528 с.
5. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
6. Техника высоких напряжений /под ред. Д.В. Разевига. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
7. Баженов С.А., Воскресенский В.Ф. Профилактические испытания изоляции оборудования высокого напряжения. – М.: Энергия, 1977. – 288 с.
8. ГОСТ 1516.3 – 96. Электрооборудование переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.
9. ГОСТ 1516.2 – 76. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции.
10. Ашнер А.М. Получение и измерение импульсных высоких напряжений. – М.: Энергия, 1979. – 120 с.
11. Шваб А. Измерения на высоком напряжении. – М.: Энергия, 1983. – 262 с.
12. Кужекин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. – Л.: Энергия, 1980. – 136 с.

## ЎЗГАРУВЧАН КУЧЛАНИШЛИ СИНОВ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ

Иш шароитида Электр иншоотларининг юқори волтли изоляцияси доимий иш кучланишига дучор бўлади. Бундан ташқари, у ички ва ташқи ўта кучланишга (чақмоқларга) дучор бўлади. Ишлаётган кучланиш ва пайдо бўладиган ўта ташқи кучланиш таъсирида изоляциянинг ишончли ишлаши эҳтимоли изоляциянинг электр кучини синаб кўриш орқали текширилади. Лабораторияларда бундай синовларни ўтказиш учун ўзгарувчан, тўғридан-тўғри ва импульсли кучланишларнинг юқори волтли манбалари қўлланилади. Саноат частотаси юқори кучланишли қурилмалар normal иш режимида ва ички ҳамда ташқи ўта кучланишларнинг маълум таъсири остида изоляциянинг иш шароитларини симуляция қилиши мумкин. Синов усуллари ва синов кучланишларининг қийматлари ДСТ 1516.2 – 96 томонидан нормаллаштирилади. Ҳар бир янги ишлаб чиқилган электр жиҳозлари синовдан ўтказилади (standart синовлар), шунингдек ҳар бир маҳсулот ишлаб чиқарувчи томонидан чиқарилганда (назорат синовлари). Ушбу синовларнинг мақсади электр жиҳозларининг электр изоляцияси сифати ГОСТ талабларига жавоб беришини текширишдир.

# ЮҚОРИ ЎЗГАРУВЧАН КУЧЛАНИШЛАРНИ ОЛИШ

- 1000 кВ гача бўлган юқори ўзгарувчан кучланишни олиш учун юқори вольтли трансформаторлар ишлатилади.



**Расм 1. Трансформаторнинг тузулиши:**

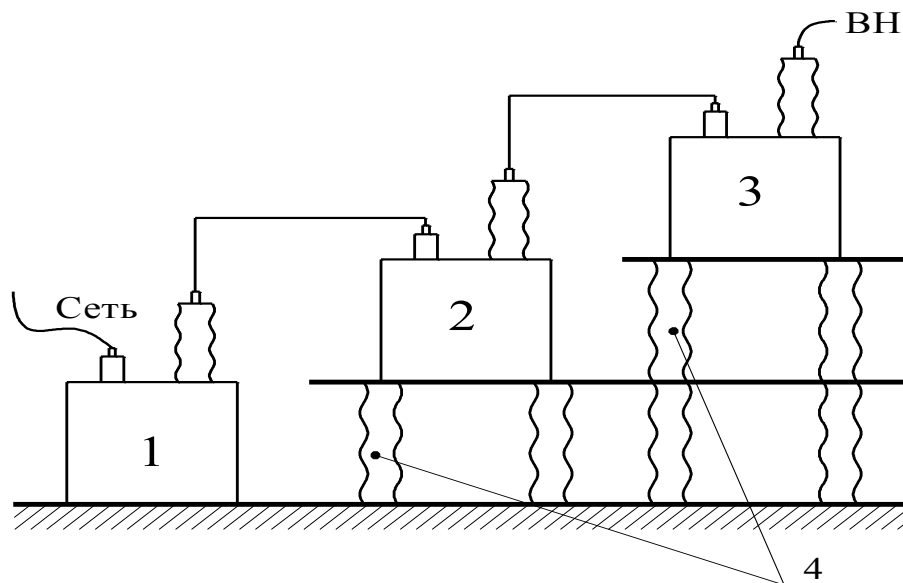
*а – схема; б – с метал корпус; в – изоляцияли корпусли;  
1 – ўзак; 2 – бирламчи ўрам; 3 – юқори кучланиш ўрами;  
4 – алоқа ўрами; 5,7 – корпус; 6 – юқори кучланиш чиқиши*



- 1000 кВ дан ортиқ кучланиш учун трансформаторларнинг каскадли коммутацияси қўлланилади.
- Трансформатор каскадлари одатда кетма-кет уланган 2-3 та юқори кучланишли трансформаторлардан иборат.

## ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКИХ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

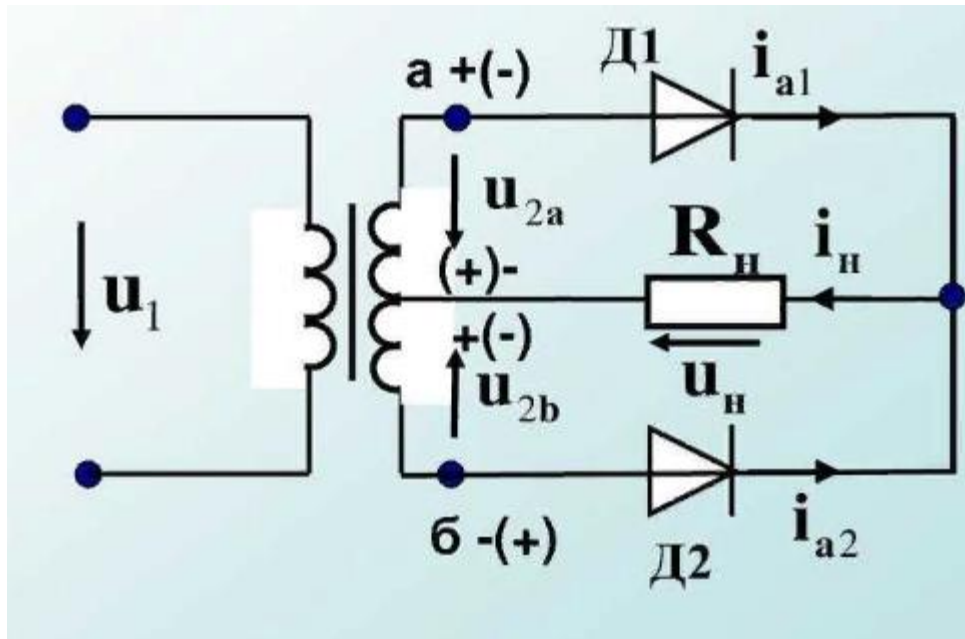
Юқори волтли ўрамни изоляция қилиш ва мураккаб киришни қуриш билан боғлиқ қийинчиликлар туфайли 750 кВ дан юқори бўлмаган кучланишли битта ўрнатишда трансформаторларни ишлаб чиқариш техник ва иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. Битта ўрнатишда енг юқори кучланиш 1000 кВ. Одатда, 1000 кВ ва ундан юқори ўзгарувчан кучланишни олиш учун бир нечта синов трансформаторларининг кетма-кет уланиши қўлланилади.



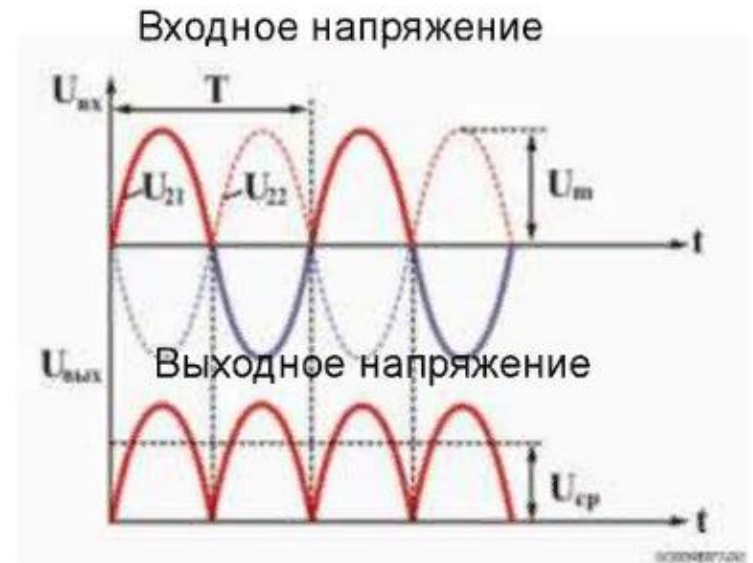
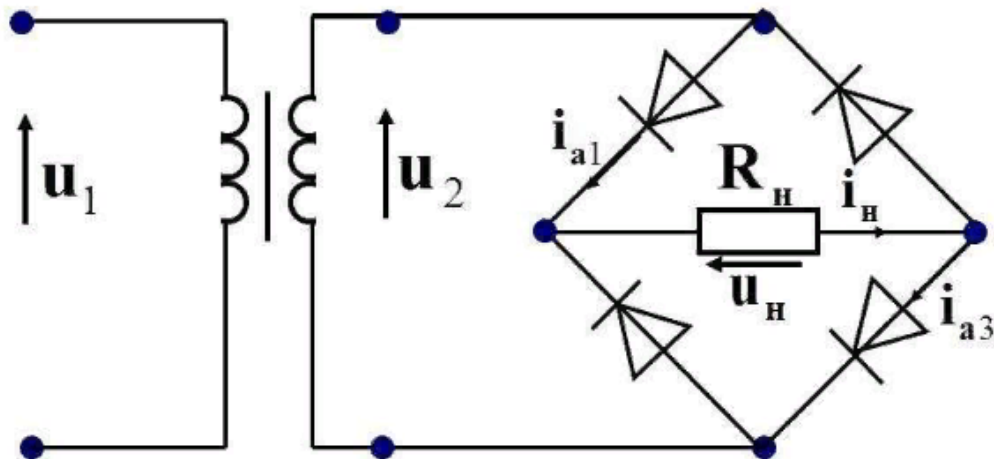
# ЮҚОРИ ДОИМИЙ КУЧЛАНИШЛАРНИ ОЛИШ

- Юқори доимий кучланишни олиш учун турли хил тўғрилагич қурилмалари қўлланилади. Барча тўғрилаш схемалари қуйидаги мезонларга мувофиқ таснифланади:
  - *1) тўғриланган кучланиш шаклида-бир ва икки ярим даврли схемалар;*
  - *2) тўғрилагичларни улаш схемасига мувофиқ-кўприк схема, кетма кет - параллел схемалар;*
  - *3) фазалар сонига кўра-бир, икки ва уч фазали схемалар;*
  - *4) кучланишни кўпайтириш схемалари.*

1) тўғриланган кучланиш шаклида-бир ва икки ярим даврли схемалар;



2) тўзрилагичларни улаш схемасига мувофиқ-кўприк  
схема, кетма кет - параллел схемалар;





Юқори кучланишли ўзгарувчан кучланишли қурилмалар ҳар бир юқори кучланишли синов, экспериментал тадқиқот ва ўқув лабораторияси учун зарур ускуналардир. Саноат частотасининг ўзгарувчан кучланишини оширадиган синовлар электр жиҳозлари ва изоляцион тузилмалар элементларини (трансформаторлар, машиналар, ўчиргичлар, изоляторлар, кабеллар ва бошқалар) ишлатиш ва завод ишлаб чиқаришда мажбурийдир.) Саноат частотасидаги синовлардан ташқари, юқори кучланишли ўзгарувчан ток қурилмалари ДС, импульс ва юқори частотали кучланиш давларида қувват манбаи бўлиб хизмат қилади. 50 Гц ўзгарувчан кучланиш қурилмаларининг энг юқори кучланиш қийматлари қувват ускунасининг зарур синов кучланишлари билан белгиланади. Қурилмаларнинг изоляциясини 400 кВ да синовдан ўтказишда 1500 кВ гача кучланиш талаб қилинади, узоқ масофали ultra юқори кучланишли электр узатиш линияларини ишлаб чиқишда иш кучланишининг ошиши билан бир неча million вольтли синов кучланишлари талаб қилинади. Юқори кучлашли синов трансформатори қувват трансформаторидан маълум иш шароитлари билан фарқ қилади, бу уларнинг қурилмасида биров фарқ қилади.

Юқори кучланиш учун синов трансформаторларининг изоляциясини лойиҳалашдаги қийинчиликлар, улар изоляция хавфсизлиги чегарасининг юқори коэффициентини талаб қилмаслиги билан бироз осонлашади. Синов трансформаторларининг изоляцияси номиналдан 10-40% га ошадиган кучланиш билан синовдан ўтказилади (паст қийматлар юқори кучланиш трансформаторларига тегишли) ва қатъий стандартлаштирилмаган. Қувват трансформаторлари учун ГОСТ бўйича белгиланган синов кучланишлари nominal кучланишдан 2 баравар ошади.

Синов трансформаторларини изоляциялашнинг нисбатан паст даражаси қуйидаги ҳолатлар билан оқланади:

1. Синов трансформаторлари, қоида тариқасида, қисқа вақт ичида ишлайди. Ўзгарувчан кучланиш кучайган синовларнинг давомийлиги изоляцияни текшириш учун зарур бўлган вақт билан белгиланади ва аксарият қурилмалар ва individual изоляцион элементлар учун у 1 дақиқага тенг.
2. Синов трансформаторлари  $0$  дан  $U_n$  гача бўлган кенг кучланиш оралиғида ва асосан номиналдан паст кучланишларда ишлайди. Қувват трансформаторларига нисбатан ишончлилиги жиҳатидан синов трансформаторларига талаблар камроқ. Бироқ, қимматбаҳо завод қурилмаси сифатида синов трансформатори ҳам ишончли ишлашнинг маълум кафолатига ега бўлиши керак.
3. Синов трансформаторлари атмосфера ҳаддан ташқари кучланиш тўлқинларига таъсир қилмайди, гарчи уларнинг иш режими баъзан gradient ҳаддан ташқари кучланиш пайдо бўлиши билан боғлиқ.

Синов трансформаторлари одатда сиғимли юкга эга. Бу ҳолда юқори кучланиш томонидаги ток синов объектининг кучланиши ва сиғим қиймати билан белгиланади. Баъзи синовларда, масалан, изоляторларнинг нам зарядсизланиш кучланишини аниқлашда сезиларли фаол қувват талаб қилинади.

Электр машиналарининг бир фазасининг бошқа иккитасига ва корпусга нисбатан сиғим қиймати, юклама кўтариш қувватларининг  $мкф$ , синов трансформаторининг кучи қуйидагилар билан белгиланади:

$$P = 2\pi f \cdot C \cdot U_{исп}^2 \cdot 10^{-3} \text{ ква},$$

Бу ерда  $C$  — объект изоляциясининг ва синов занжири ўтказгичларининг сиғими,  $мкф$ ;  $U_{исп}$  — синов кучланиши,  $кВ$ ;  $f$  — частота,  $Гц$ .

Таблица 1-1

## Ориентировочные значения емкости некоторых объектов испытания

Наименование объектов		Величина емкости, <i>пф</i>
Вводы трансформаторов и масляных выключателей		50—800
Трансформаторы напряжения и тока . . . . .		100—1 000
Силовые трансформаторы, некоторые трансформаторы напряжения, электродвигатели мощностью до 100 <i>квa</i> . . . . .		1 000—10 000
Электродвигатели мощностью более 100 <i>квa</i> . . . . .		10 000—100 000

Мощность машины, <i>квa</i>	Номинальное напряжение, <i>кв</i>				
	6,3	10,5	13,8	15,75	18,00

## Турбогенераторы

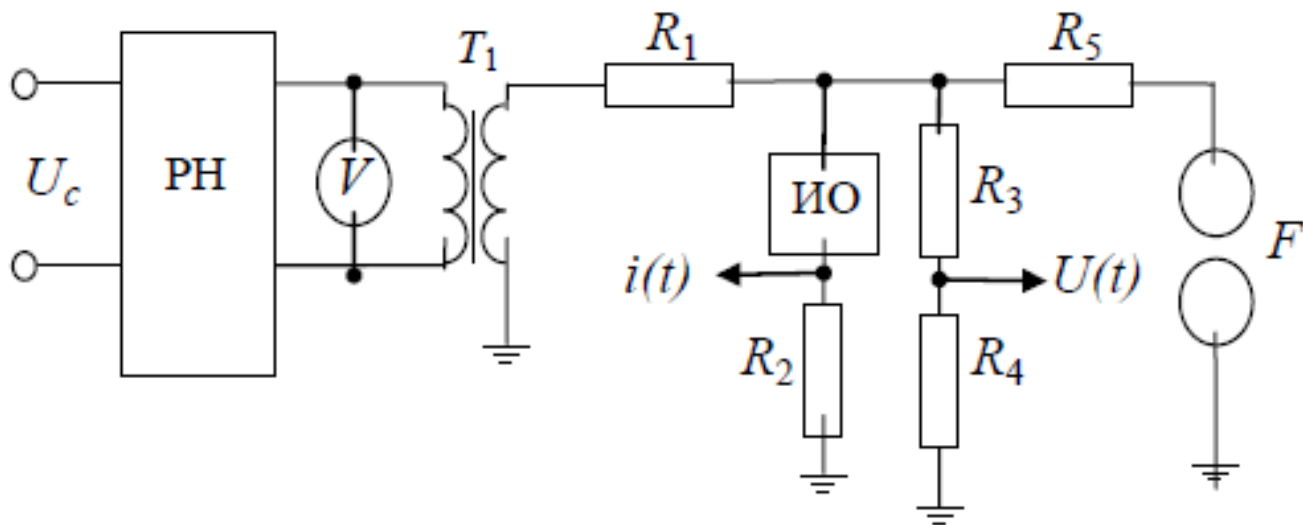
15 000	0,1	0,08	—	—	—
58 500	0,4	0,25	—	—	—
166 500	—	—	—	—	0,32

## Гидрогенераторы

15 600	0,26	—	—	—	—
50 000	—	0,64	—	0,57	—
90 000	—	—	0,83	—	—
103 500	—	—	0,94	—	—

## Синхронные компенсаторы

1 500	0,10	—	—	—	—
15 000	0,15	0,11	—	—	—
30 000	—	0,344	—	—	—
75 000	—	0,334	—	—	—



*Расм 2. Саноат частотали кучланиши билан изоляцияни синаш учун электр  
 схемаси: PH – кучланиши ростлагичи, T1 – юқори кучланишли  
 трансформатор, R1 – ҳимоя қаршилиги, R2 – ток шунти, R3 – R4 –  
 кучланиши бўлгичи, R5 – демпферлайдиган қаршилик,  
 F – шарли разрядлагич, ИО – синов объекти.*











# ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКИХ ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

- Импульсное высокое напряжение используется для имитации грозовых и коммутационных перенапряжений при испытании изоляции электрооборудования и пучково-плазменных технологиях нанотехнологиях.

**Для получения импульсов высокого напряжения  
применяются**

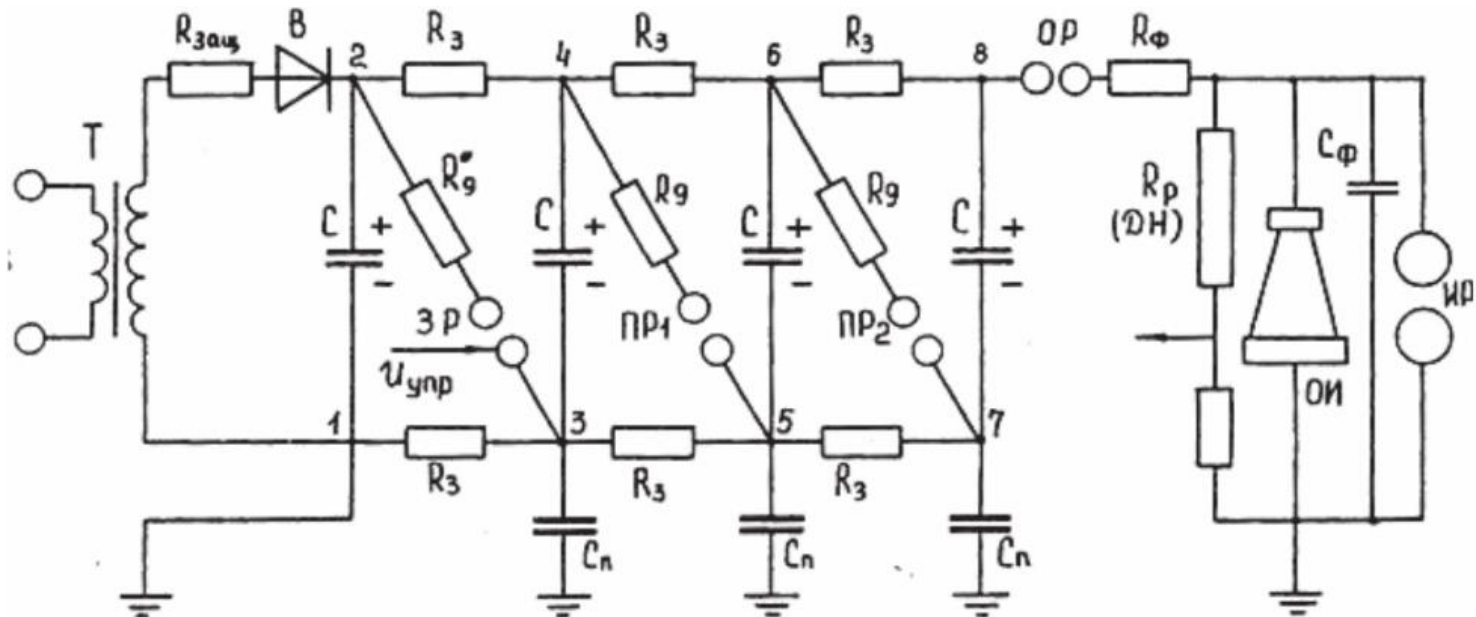
***генераторы импульсных напряжений (ГИН),***

**собранных по схеме**

**Аркадьева - Маркса.**

# ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИН ПО СХЕМЕ АРКАДЬЕВА-МАРКСА

- Группа конденсаторов заряжается в параллельной схеме соединения до определенного напряжения, а затем с помощью высоковольтных коммутаторов конденсаторы переключаются в последовательную схему включения.

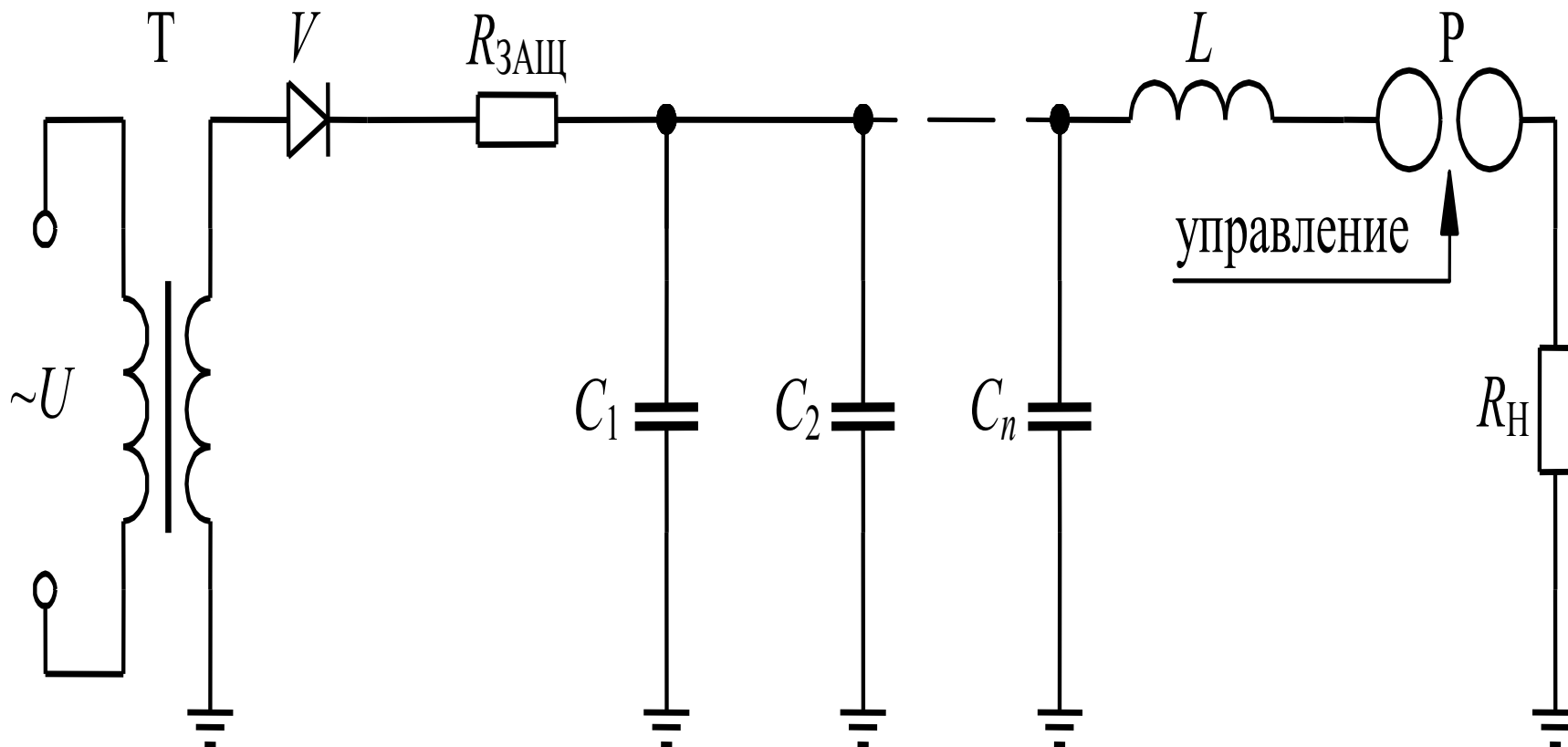


ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИН,  
СХЕМА И ПАРАМЕТРЫ  
СТАНДАРТНОГО ИМПУЛЬСА  
– ПО МАТЕРИАЛАМ  
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ  
ЛАБ. РАБОТЫ.

# ***ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ***

- Для ряда физических исследований и технологических процессов необходимо создание сильных магнитных полей, получение ударных волн, высокотемпературной плазмы, требуются импульсные токи, величина которых меняется в пределах от 1 до 1000 кА.

# СХЕМА ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ



- Электрическая цепь **генератора импульсных токов (ГИТ)** состоит из параллельно соединенных и заряженных до напряжения  $U_0$  емкостей  $C$ , индуктивности  $L$ .
- При срабатывании коммутатора  $K$  конденсаторы разряжаются в параллельной цепи на нагрузку  $R_n$ .

- Величина тока в нагрузке определяется индуктивностью и емкостью разрядного контура:

$$I_m = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

- где  $U_0$  – зарядное напряжение;
- $L$  – индуктивность контура;
- $C = n \cdot C_1$  (если  $C_1 = C_2 = \dots = C_n$ ) – емкость разрядного контура.



***ИЗМЕРЕНИЕ  
ВЫСОКИХ  
НАПРЯЖЕНИЙ***

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.
- 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.

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.***

- Применяются делители следующих  
ТИПОВ:

- **омические,**

- **емкостные**

- **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.***

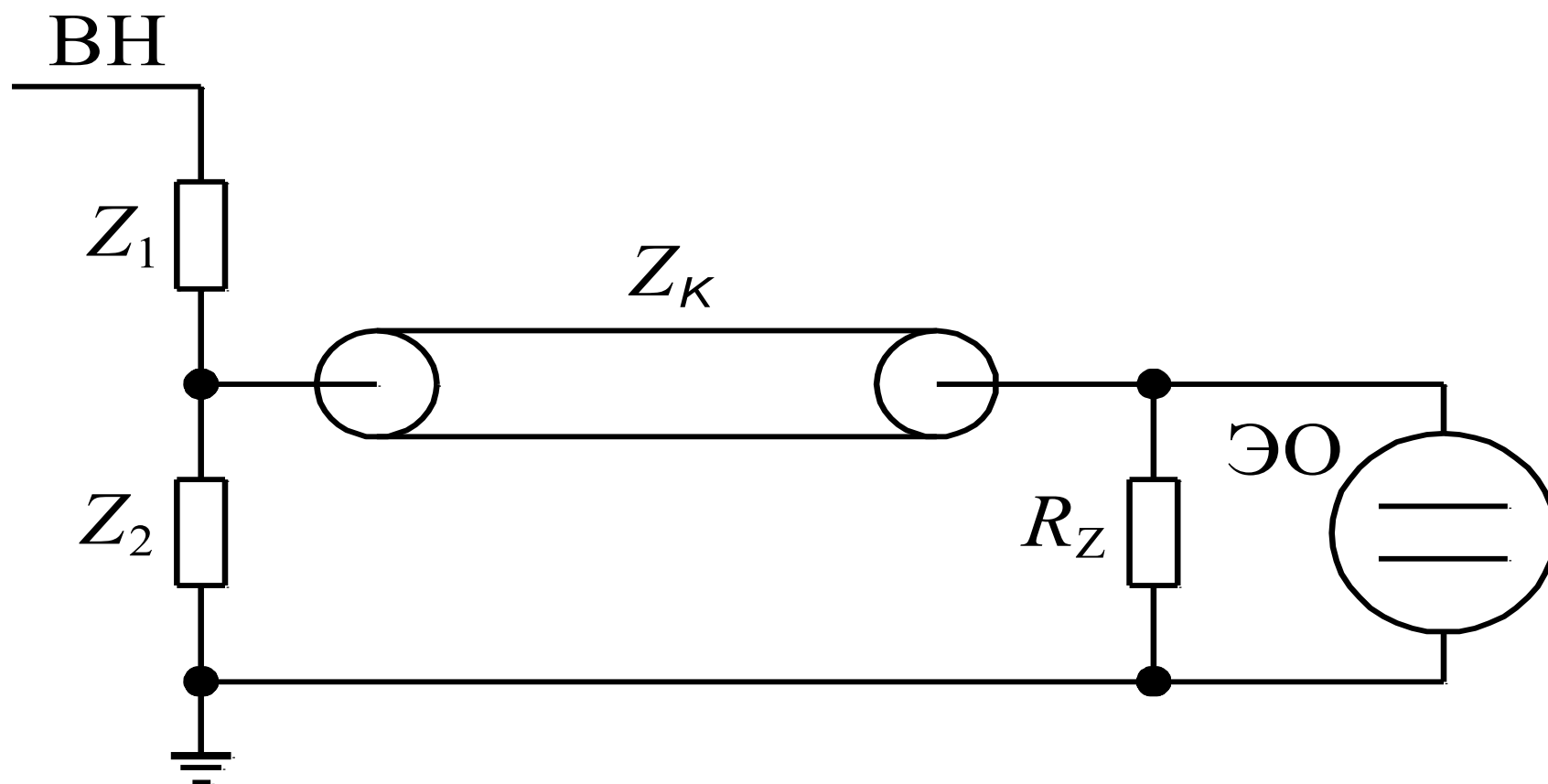
- Это значит, что коэффициент деления не должен зависеть от частоты и величины измеряемого напряжения. Кроме этого, на коэффициент деления не должны влиять внешние электростатические и электромагнитные поля, корона и утечки по изоляционной конструкции делителя.

- **Передачным отношением или коэффициентом деления**

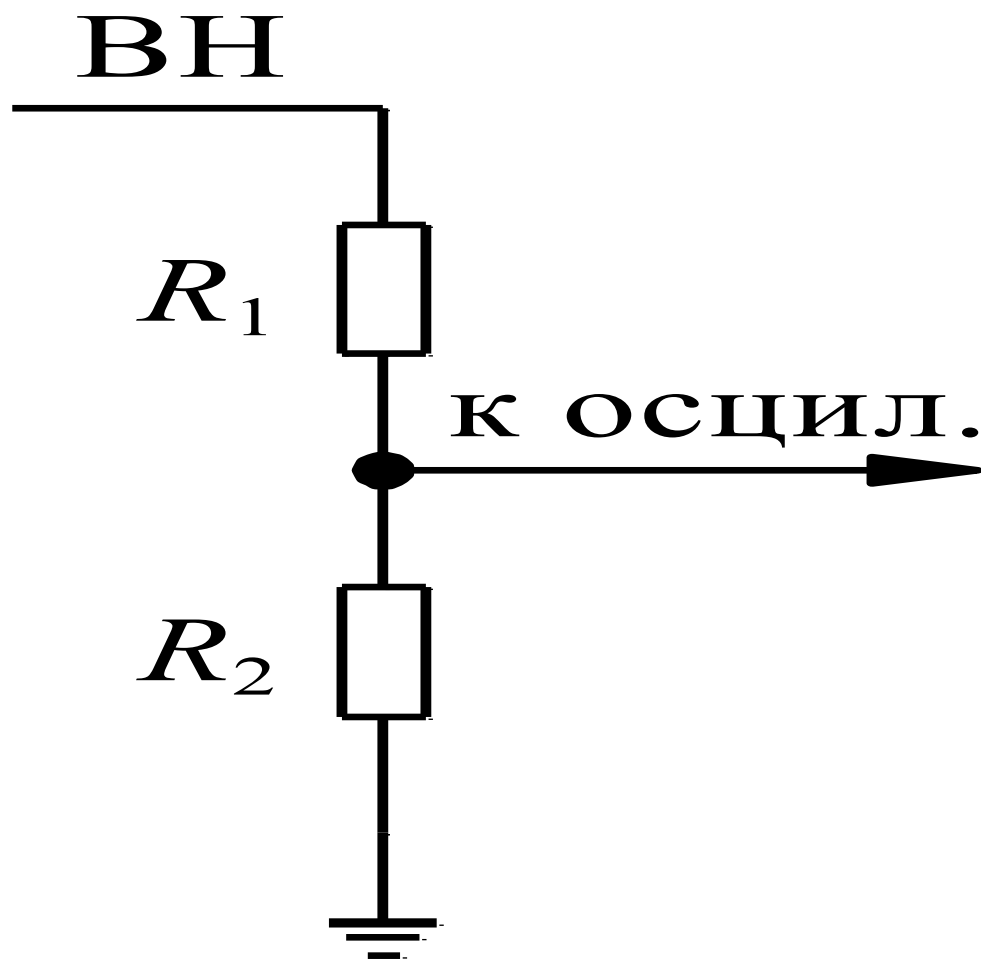
делителя, состоящего из  $N$  однородных элементов с сопротивлением  $Z$ , называют отношение напряжения, подводимого к делителю ( $U1$ ) к величине напряжения, снимаемого с низковольтной части делителя ( $U2$ ):

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

# СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ НА БАЗЕ ДЕЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

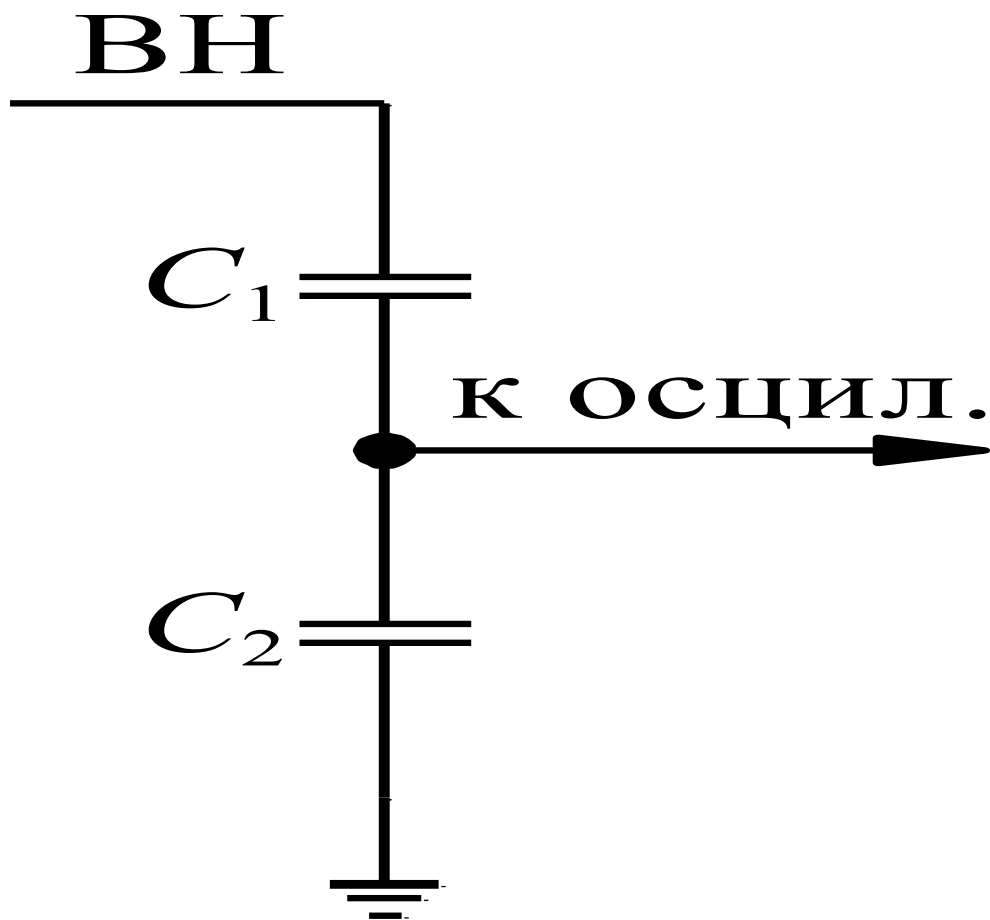


# ОМИЧЕСКИЕ ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

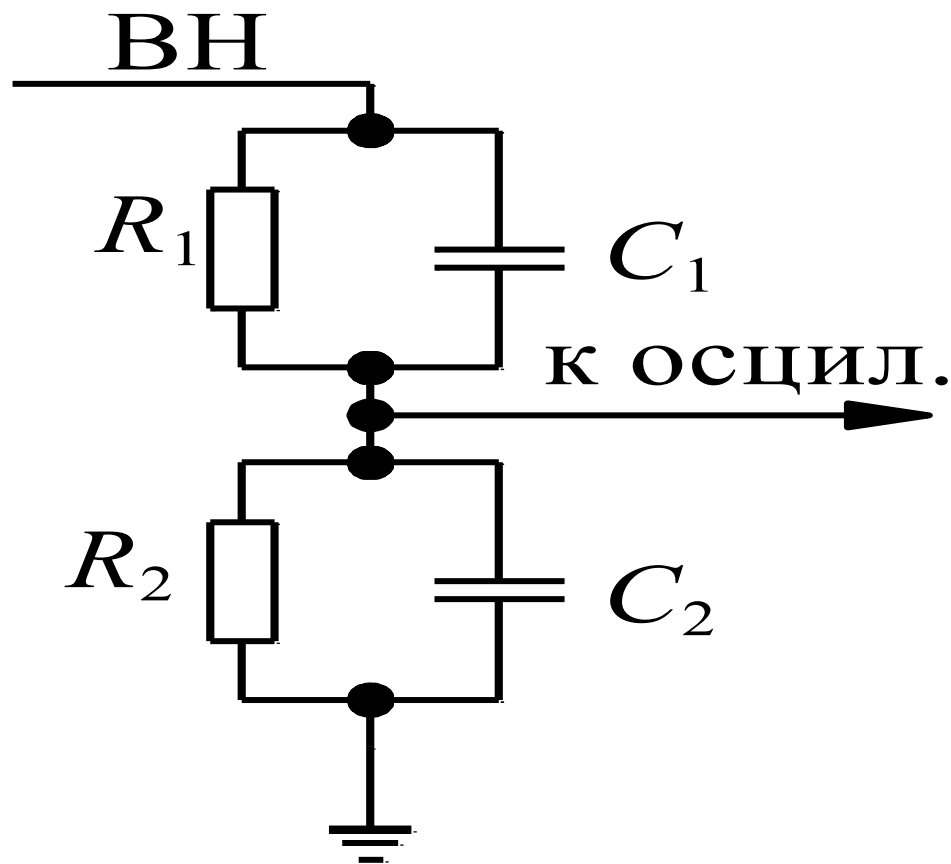




# ЕМКОСТНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ



# ЕМКОСТНО-ОМИЧЕСКИЕ ДЕЛИТЕЛИ 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  
неэкранированного 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  $\tau_k$ , т.е. использовать малогабаритные низкоомные делители, что ограничивается максимальной допустимой напряженностью и отбором мощности.