

Лекция 2

Электромагнитные помехи

Электромагнитная помеха

Любое электромагнитное явление естественного или искусственного происхождения, которое может ухудшить качество функционирования технического средства

Уровень устойчивости

Максимальную амплитуду ЭМП, при которой еще не возникает недопустимого ухудшения функциональных свойств аппаратуры, будем называть уровнем устойчивости этой аппаратуры к действию данной помехи

Виды помех

Допустимая помеха

электромагнитная помеха, при которой качество функционирования технического средства, подверженного ее воздействию, сохраняется на заданном уровне

Недопустимая помеха

электромагнитная помеха, воздействие которой снижает качество функционирования технического средства до недопустимого уровня

Классификация ЭП

По источнику

- *Естественные и искусственные (функциональные и нефункциональные источники)*

По спектральным характеристикам

- *Широкополосные и узкополосные*
- *Низкочастотные и высокочастотные*

По среде распространения

- *Индуктивные и кондуктивные*

По типу возникновения

- *Синфазные*
- *Противофазные*

Естественные и искусственные

- удары молнии, разряд статического электричества
- радиопередатчики, электродвигатели — технические средства

Функциональные и нефункциональные источники

- ЭП для технического устройства является полезным сигналом, интенсивность помех определена
 - *Работа радиопередающих устройств (радио- и телепередатчики)*
 - *Микроволновые печи*
 - *Работа испытательных генераторов*
 - *и т.п.*
- ЭП как побочный эффект в процессе работы, интенсивность помех не определена
 - *Автомобильная система зажигания*
 - *Сварочный аппарат*
 - *Коммутации электрического тока*
 - *и т.п.*

Узкополосные и широкополосные

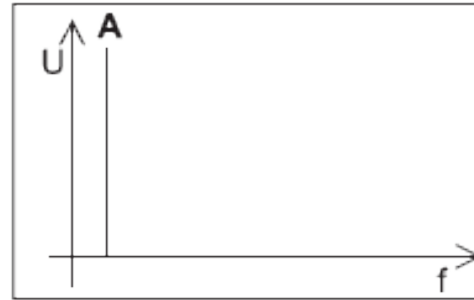
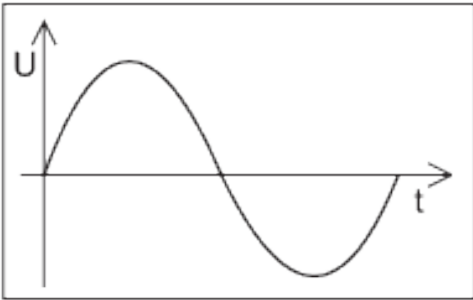
УЗКОПОЛОСНЫЕ

- *Спектр близок к линейчатому*
 - *максимальный уровень приходится на одну частоту, возможно наличие гармоник малых порядков*
- При этом энергия спектра сосредоточена в основном в относительно узкой полосе частот около некоторой фиксированной частоты ω_0
 - *гармонический сигнал $u(t)=u_m \sin(\omega t + \varphi)$*
- Источники узкополосных помех — системы связи, системы питания на переменном токе

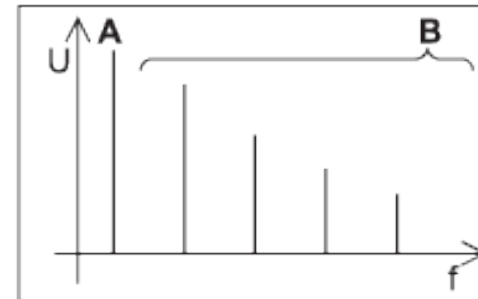
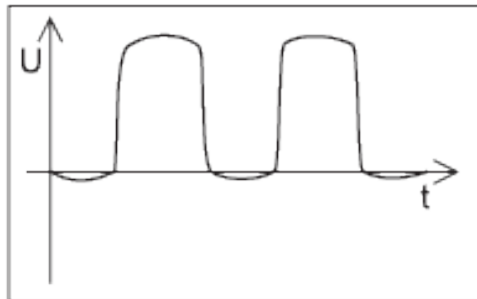
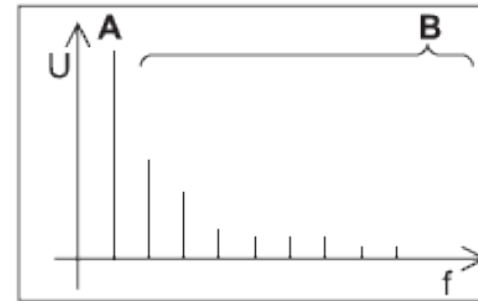
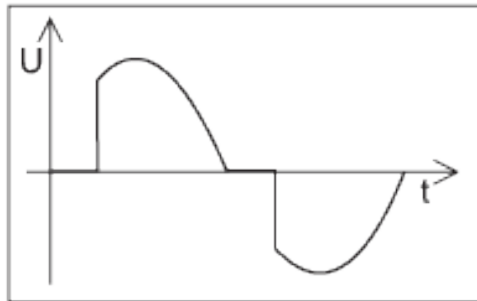
Узкополосные и широкополосные

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ

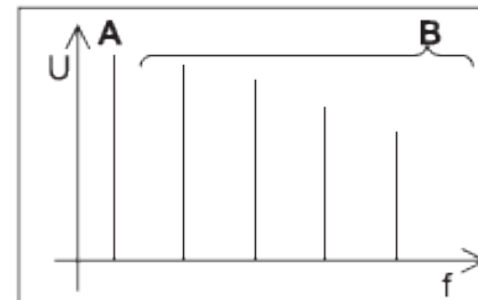
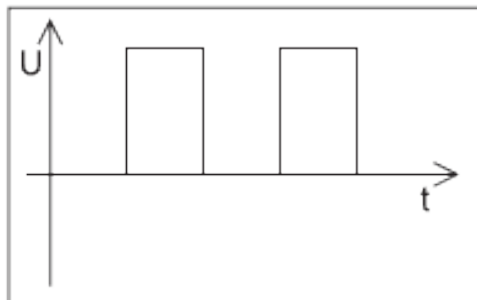
- Условия, описанные для узкополосных помех, не выполняются.
 - *последовательность прямоугольных импульсов,*
 - *одиночные апериодические импульсы,*
 - *одиночные колебательные затухающие импульсы и т.п.*
- Источники широкополосных помех
 - *удары молнии,*
 - *разряды статического электричества,*
 - *коммутация индуктивной нагрузки,*
 - *газоразрядные лампы и т.п.*



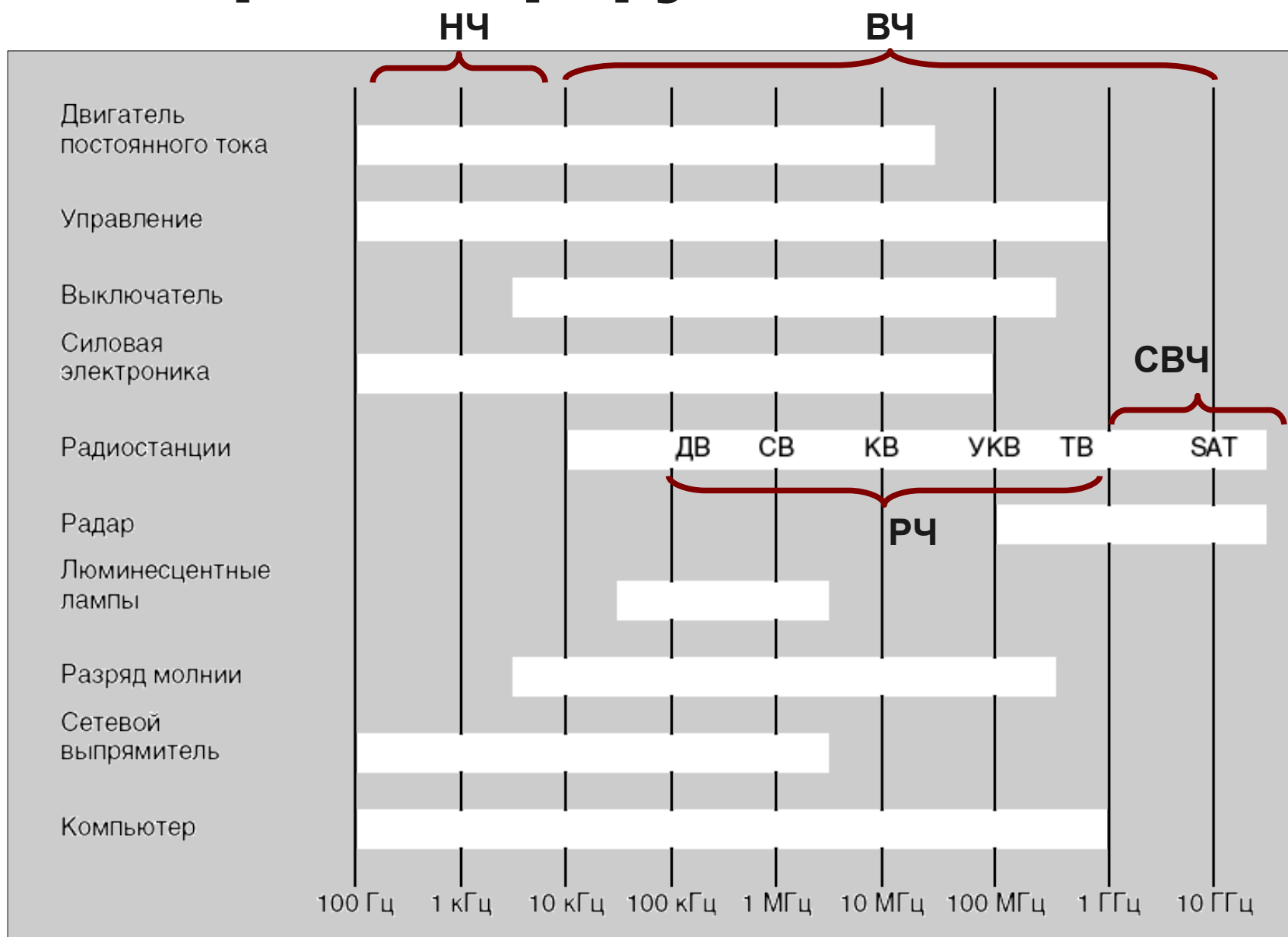
Узкополосный сигнал



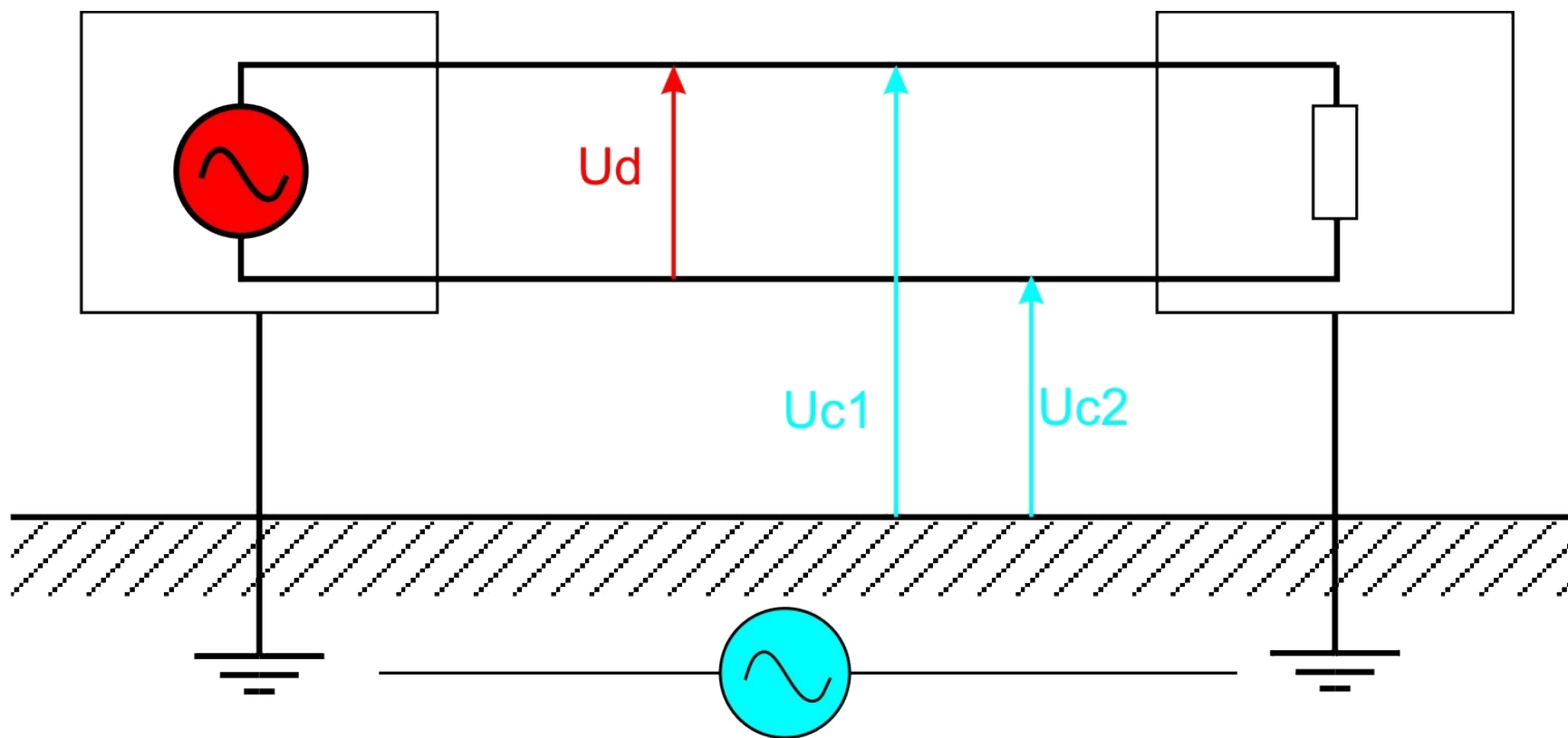
**Широкополосные
сигналы**



Спектры генерируемых колебаний



Противофазные (дифференциальные) помехи и синфазные помехи (общего типа)

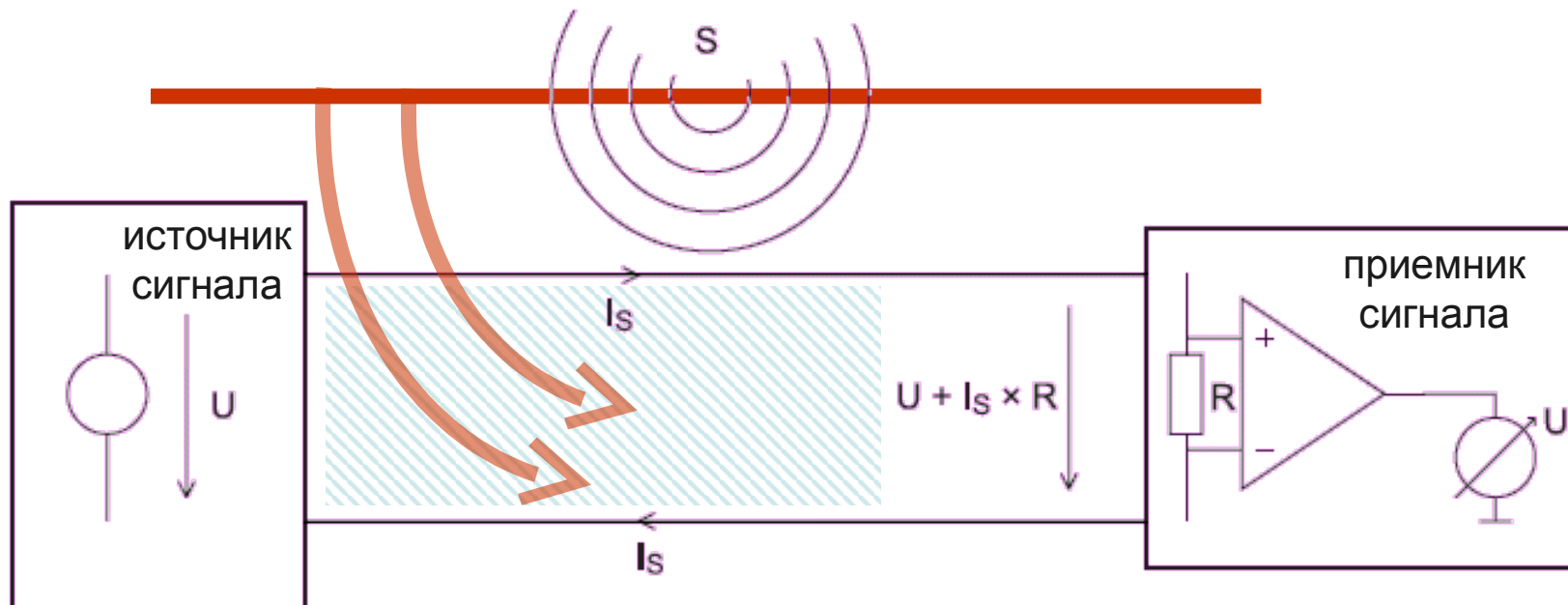


U_d – противофазное напряжение электромагнитных помех
 U_{c1} , U_{c2} – синфазные напряжения электромагнитных помех

Типы ЭП помех

- **Противофазные** напряжения помех (симметричные, поперечные) возникают между проводами двухпроводной линии
- **Синфазные** напряжения помех (несимметричные, продольные) возникают между каждым проводом и землей)

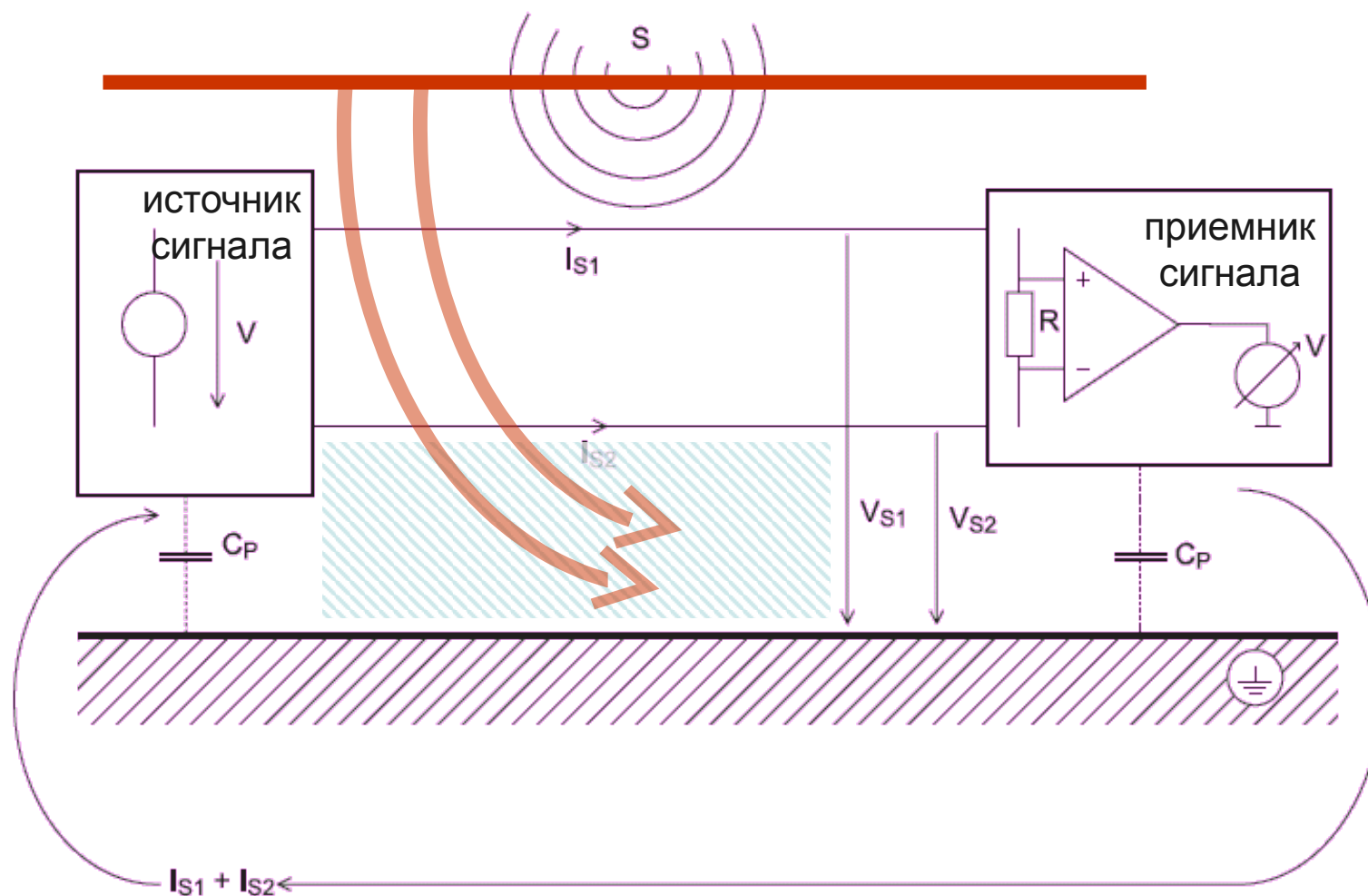
Пример образования противофазной помехи



Противофазная помеха

S = помеха
 I_S = ток помехи

Пример образования синфазной помехи



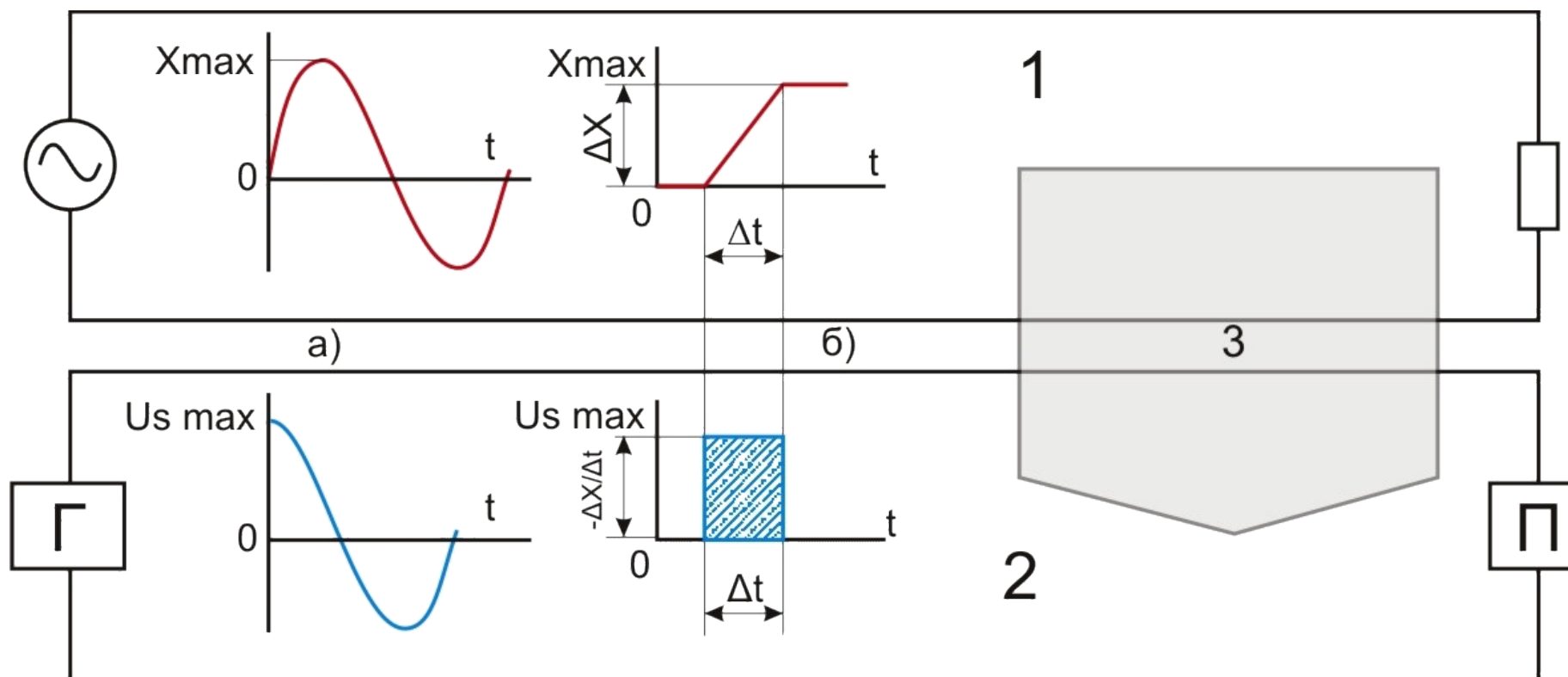
Синфазная помеха

S = помеха
 I_{S1} = ток помехи 1
 C_p = паразитная емкость
 I_{S2} = ток помехи 2

Способы описания ЭП

- Временная и частотная области
 - *важны точные параметры, от которых зависит ее мешающее воздействие*
- Для периодических помех такими являются: частота f и амплитуда X_{max} . Эти параметры определяют амплитуду напряжения помехи во вторичных контурах U_{max} .
- Для непериодических помех важнейшими параметрами являются следующие:
 - *скорость изменения $\Delta x / \Delta t$ (скорость нарастания или спада). Данная величина определяет максимальное напряжение помехи U_{smax} , вызванной во вторичной цепи;*
 - *интервал времени Δt , в течение которого помеха x имеет максимальную скорость изменения амплитуды; этот интервал идентичен длительности действия напряжения помехи u_s во вторичной цепи;*
 - *максимальное значение изменения амплитуды Δx , пропорциональное интегралу напряжения помехи вторичной цепи по времени (площади импульса помехи).*

Пояснение параметров периодических (а) и непериодических (б) переходных помех



Г – источник сигнала, П – приемник сигнала

X – помеха (напряжение или ток)

U_s – напряжение помехи, обусловленное связью:

1 – влияющий контур, 2 – контур подверженный влиянию

3 – канал передачи помехи

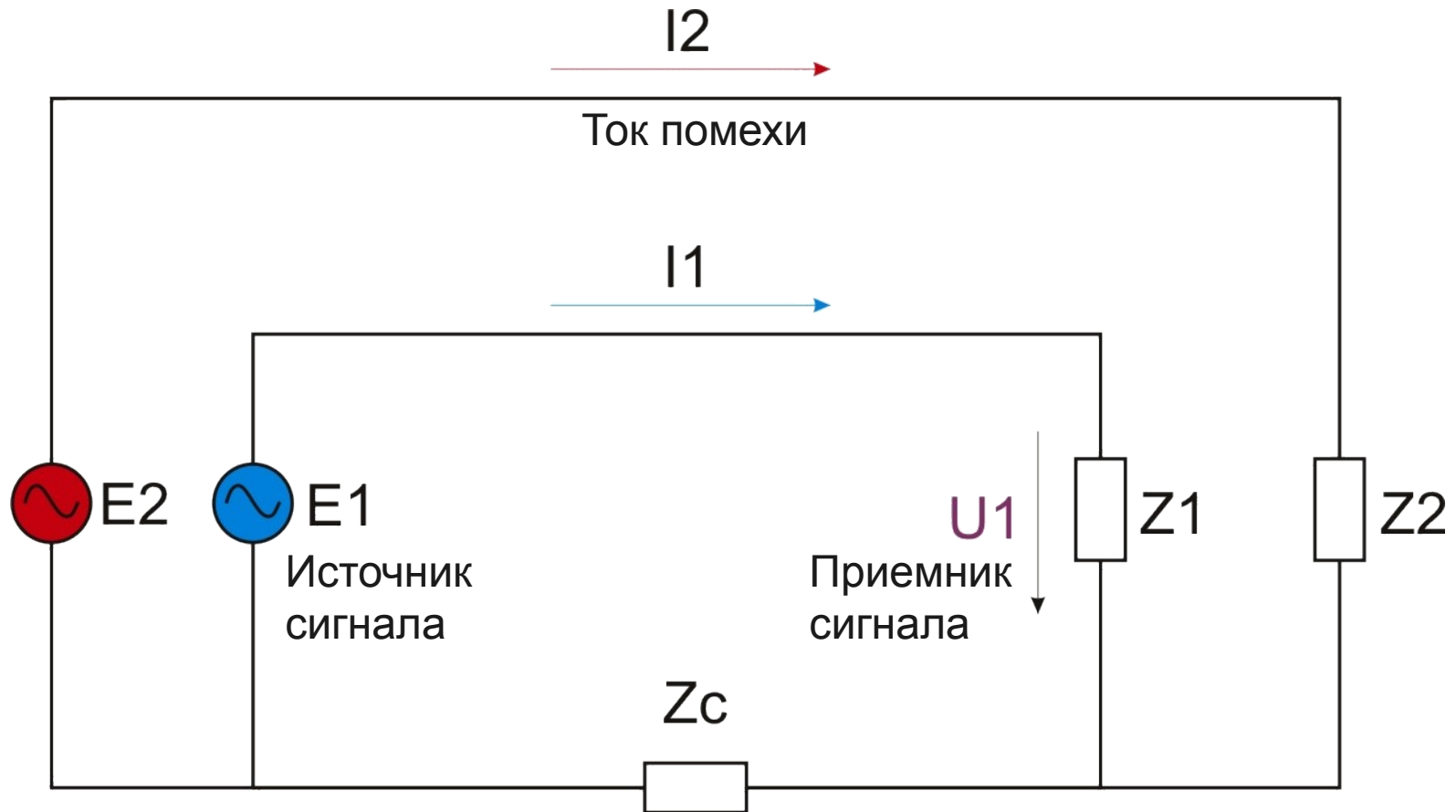
Каналы передачи помех

- Гальваническая связь
- Емкостная связь
- Индуктивная связь
- Электромагнитная связь

Гальваническая связь

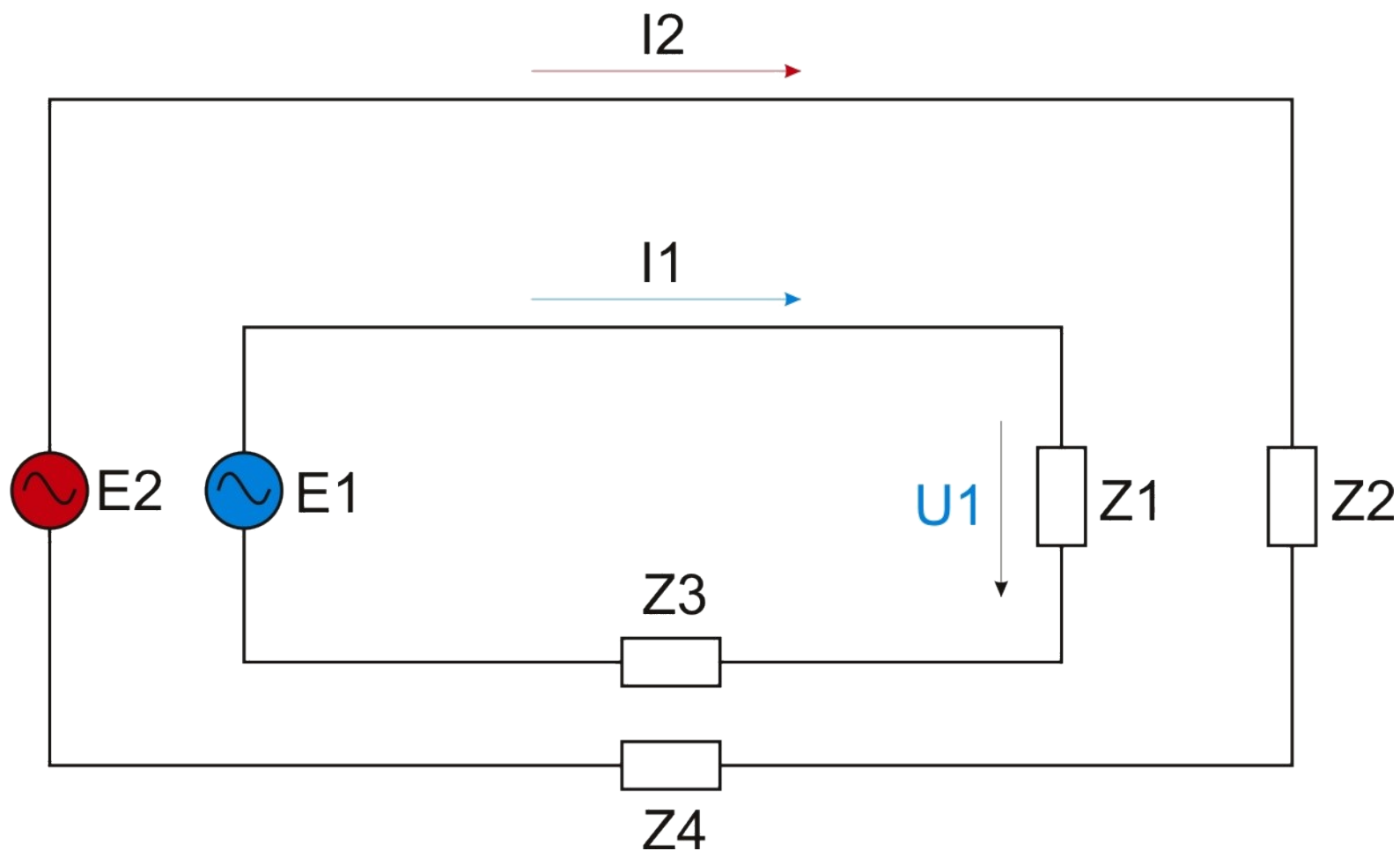
- Гальваническое влияние осуществляется через общие полные сопротивления
- Как правило, это сопротивления общих «обратных» проводов, систем опорных потенциалов или через систему защитных и заземляющих проводов

Механизм связи через общее полное сопротивление Z_c



$$U_1 = (E_1 - I_2 \cdot Z_c) \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_c}$$

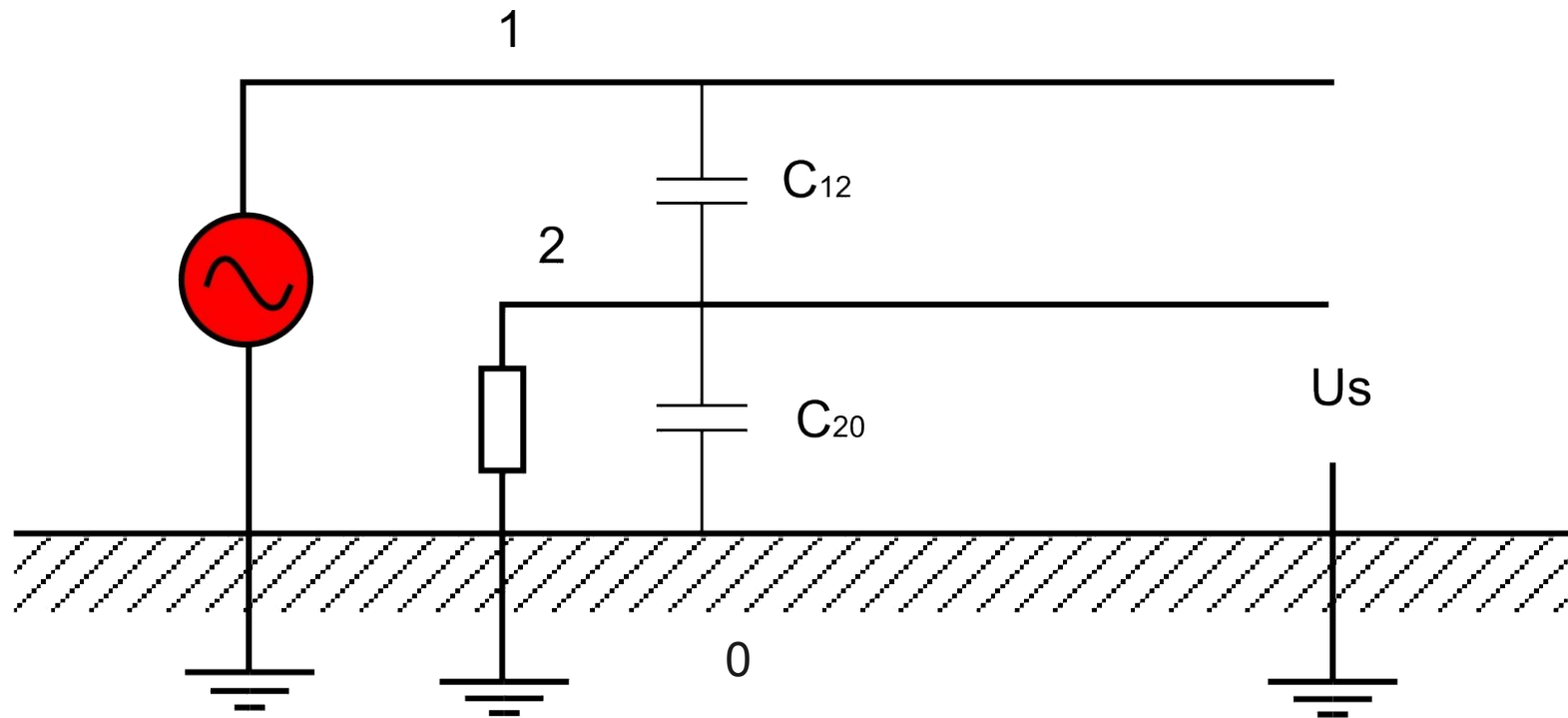
Устранение общего сопротивления – гальваническое разъединение контуров



Емкостная связь

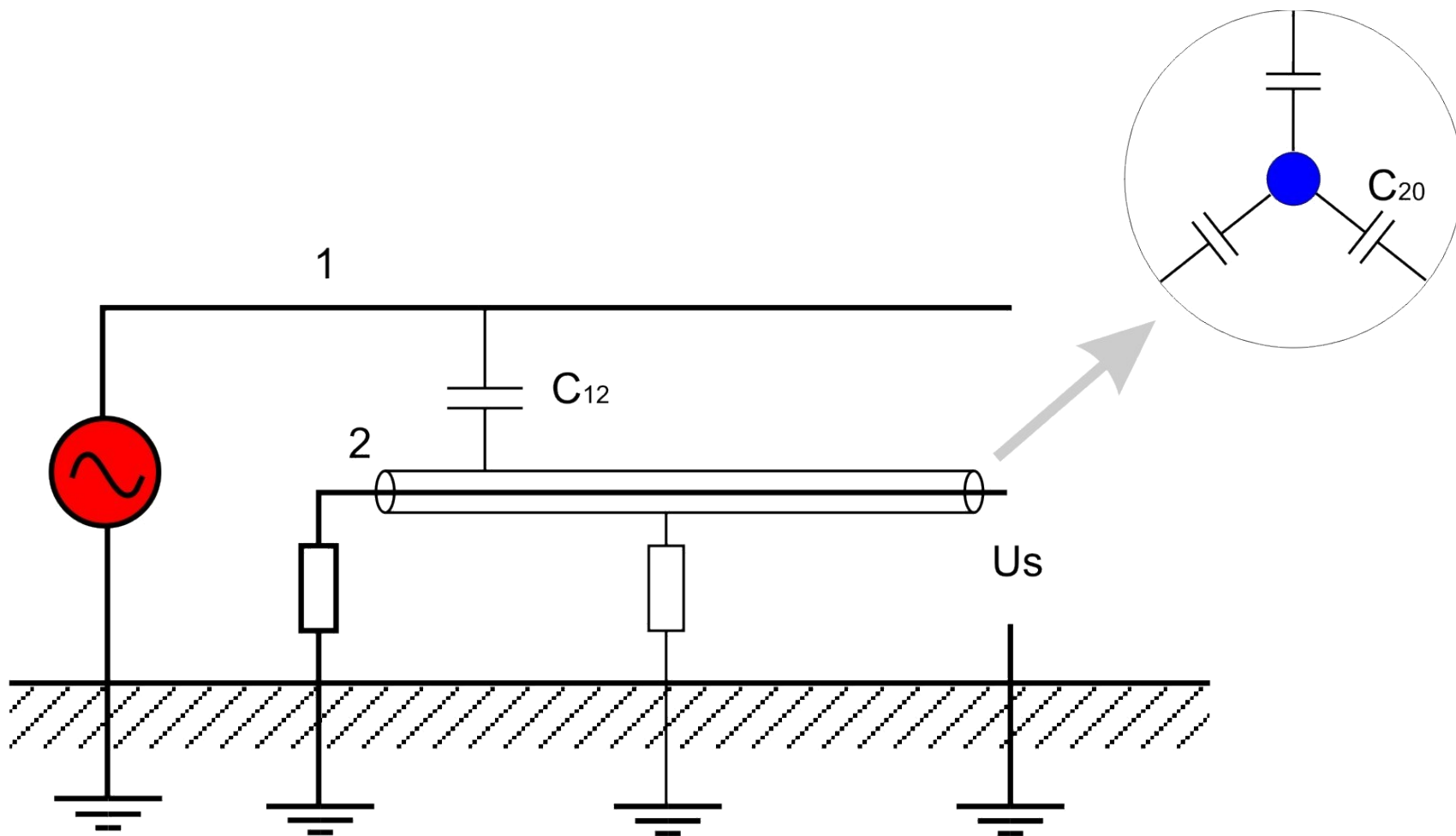
- Емкостное влияние осуществляется через паразитные емкости между проводами или проводящими элементами, принадлежащими разным контурам и находящимися под разным потенциалом

Емкостное влияние проводника с потенциалом помехи 1 на проводник 2



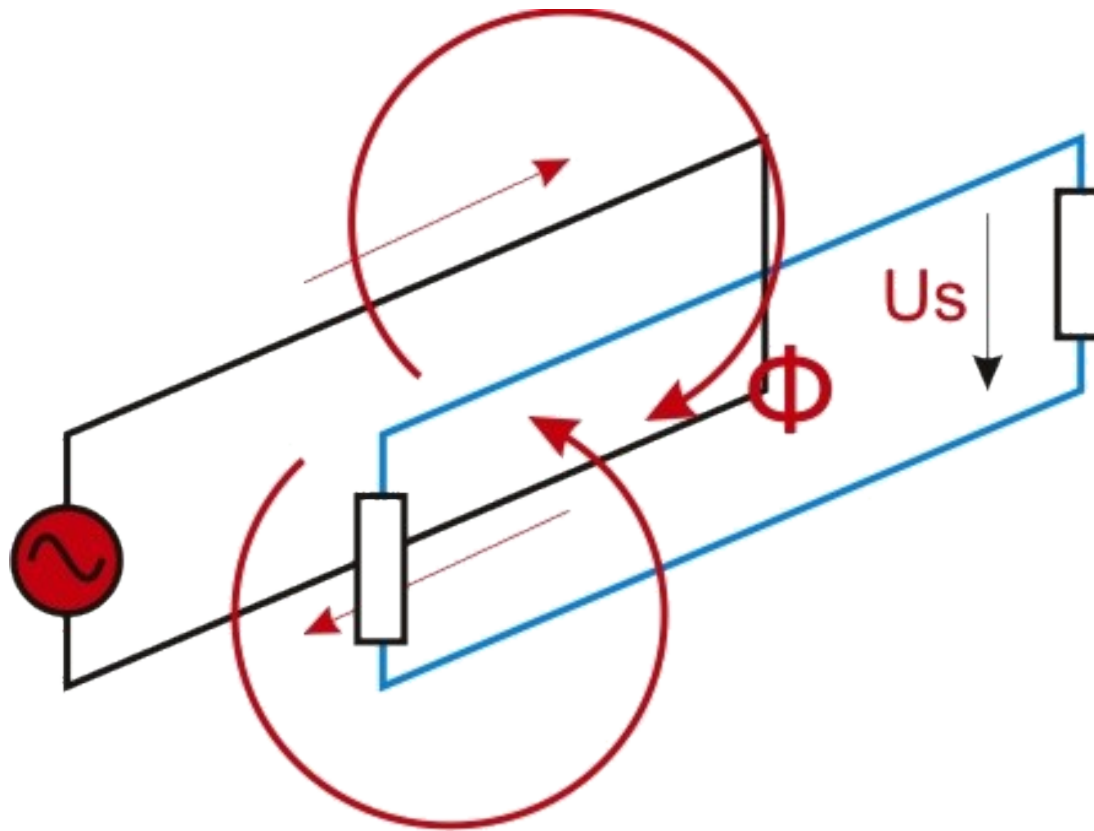
Для снижения наведенного напряжения C_{20} должно быть больше C_{12}

Снижение наводимой помехи путем экранирования

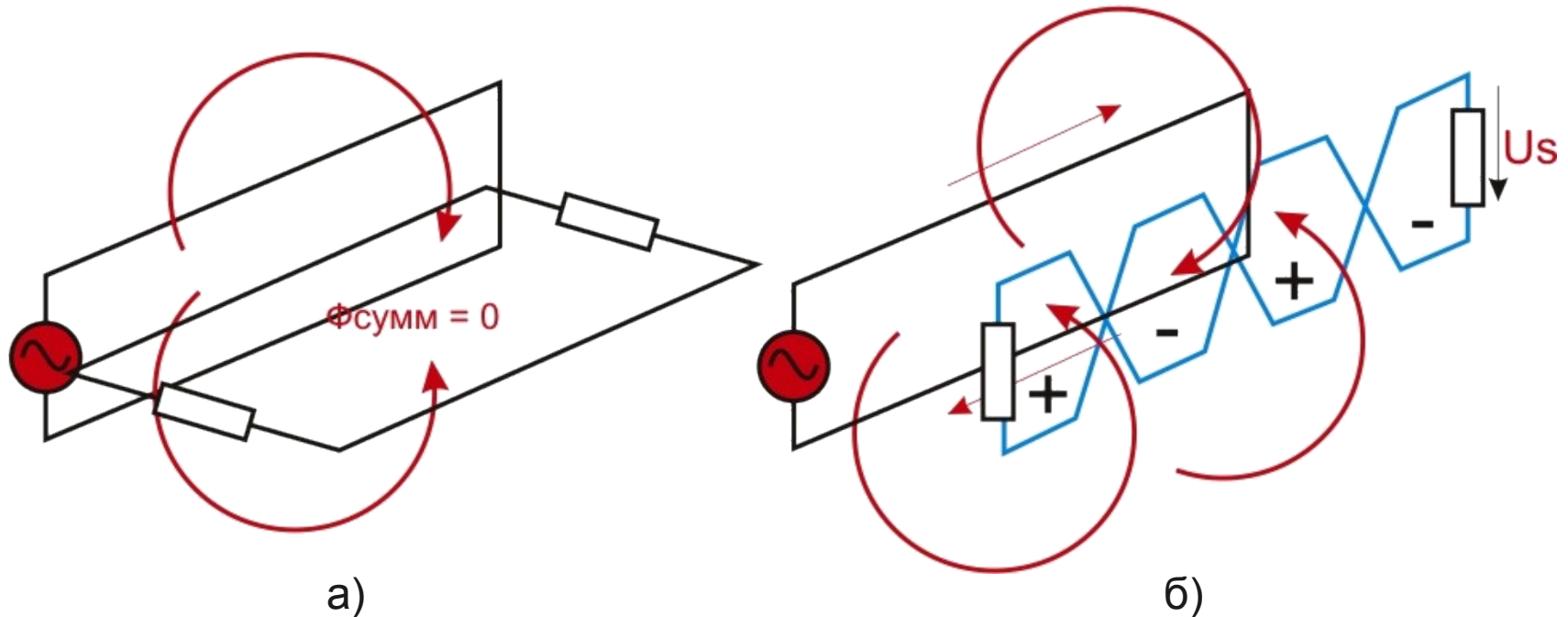


Индуктивная связь

- Индуктивное влияние обусловлено паразитным потокоцеплением между контурами



Мероприятия по снижению индуктивного влияния



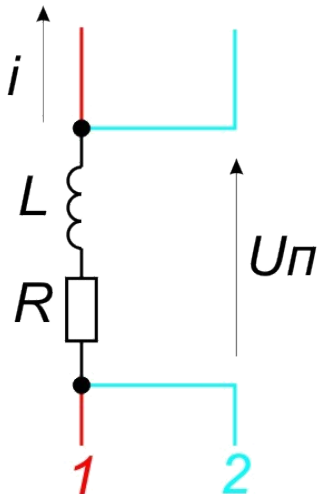
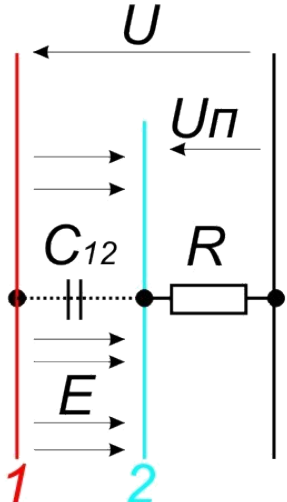
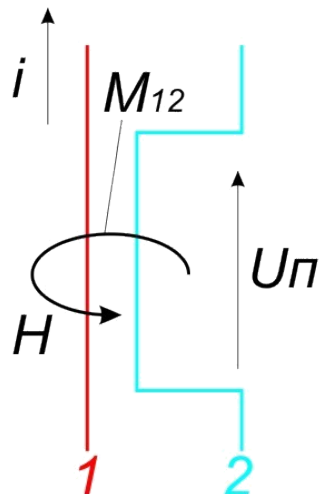
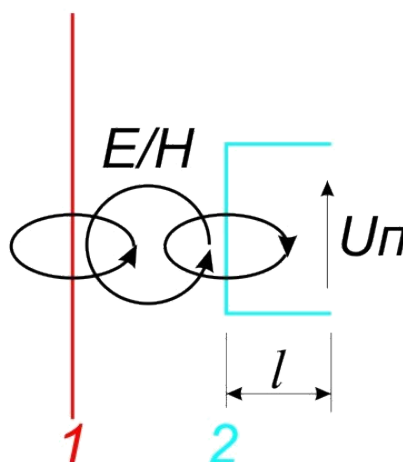
Изменение взаимного расположения
контуров
(компенсация магнитного потока)

Компенсация наведенного напряжения
путем скрутки проводов
(провод витая пара)

Электромагнитная связь

- Причиной воздействия излучения являются электромагнитные волны, излучаемые токовым контуром и распространяющиеся в окружающем пространстве со скоростью света.
- При воздействии электромагнитной волны на электропроводные объекты вследствие антенного эффекта возникают высокочастотные напряжения, непосредственно или косвенно являющиеся помехами в сигнальных контурах.

Механизмы электромагнитного влияния (каналы передачи помех)

Влияние через гальванические связи	Влияние через поле		
Гальваническая связь (полное сопротивление связи)	Емкостная связь (поле E)	Индуктивная связь (поле H)	Электромагнитная связь (поле E, H)
			
$U_{\text{п}} = i R + L (di/dt)$	$U_{\text{п}} = R C_{12} (dU/dt)$	$U_{\text{п}} = M_{12} (di/dt)$	$U_{\text{п}} \approx E l_{\text{eff}}$
	Ближнее поле, $x < \lambda/2\pi$		Дальнее поле, $x > \lambda/2\pi$