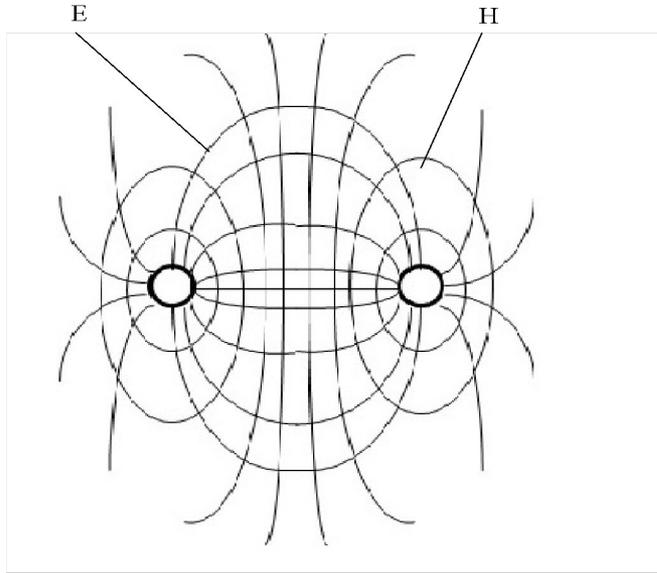


Направляющие системы передачи электромагнитных сигналов связи

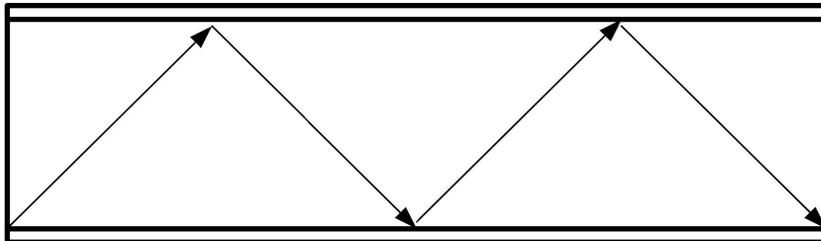
Современные направляющие системы передачи (НСП) подразделяются на следующие виды:

- НСП симметричной конструкции (СК);
- коаксиальные кабели (КК);
- сверхпроводящие кабели (СПК);
- волноводы (В);
- диэлектрические волноводы (ДВ);
- волоконные световоды (ВС);
- линии поверхностной волны (ЛПВ);
- полосковые линии или ленточные кабели (ПЛ или ЛК);
- радиочастотные кабели (РК).

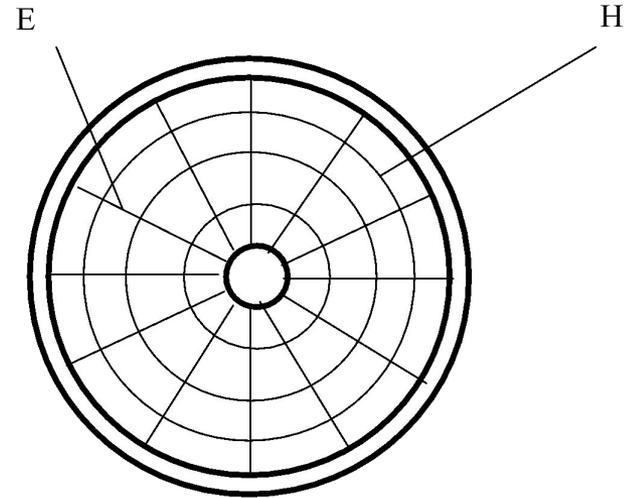
НСП симметричной конструкции



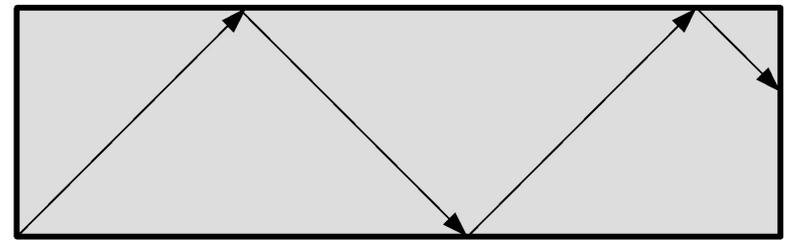
Волноводы



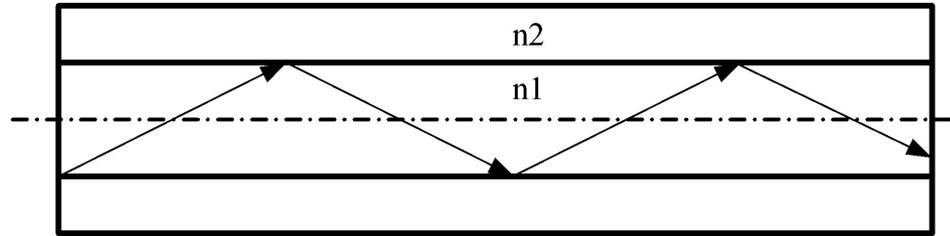
Коаксиальные кабели



Диэлектрические волноводы

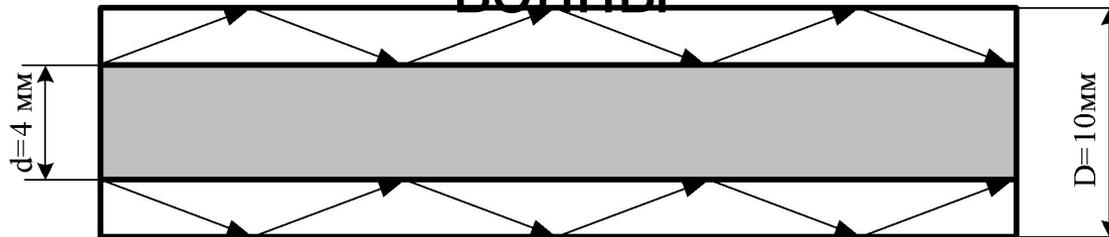


Волоконные световоды



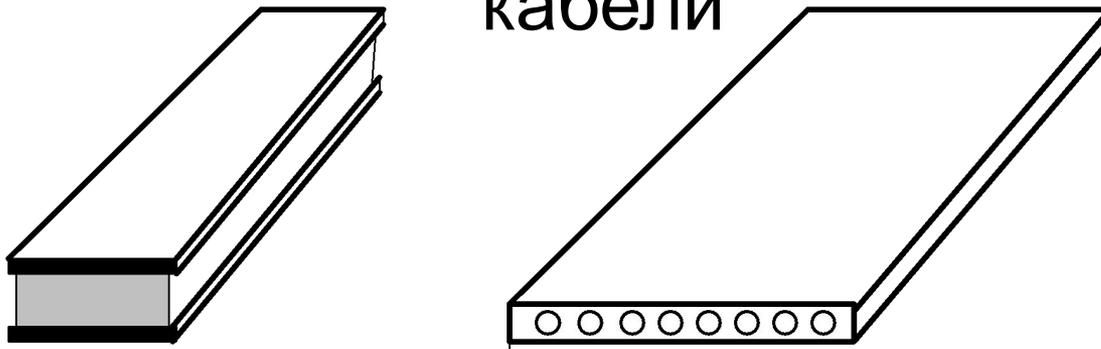
Линии поверхностной

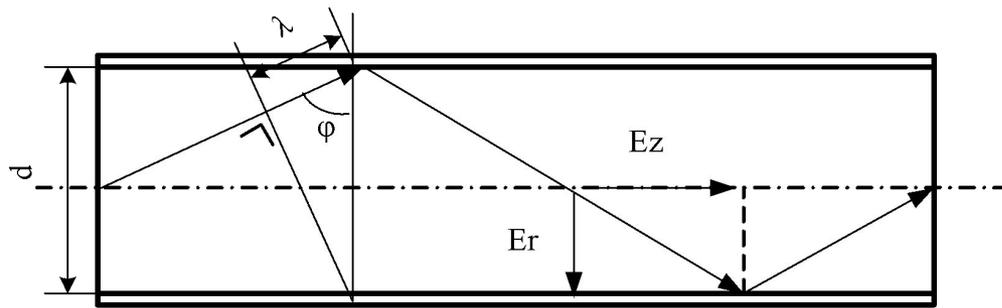
волны



Полосковые линии или ленточные

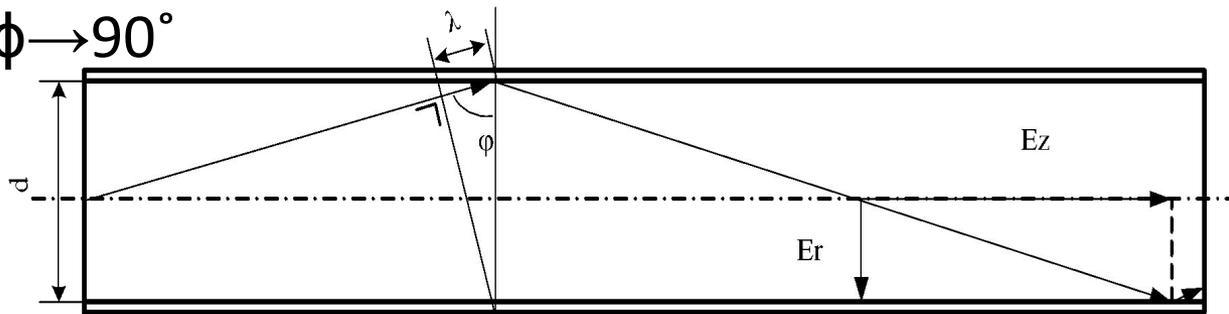
кабели



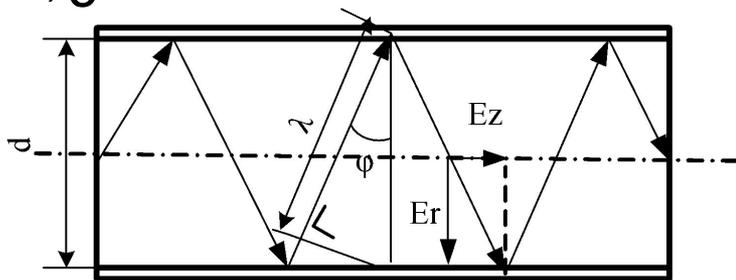


$$\cos \phi = \lambda / d.$$

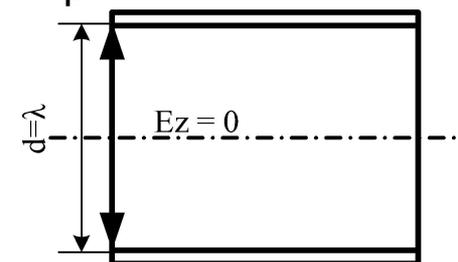
1. Для области сверхвысоких частот, когда $f \rightarrow \infty$, а длина волны $\lambda \rightarrow 0$, тогда $\phi \rightarrow 90^\circ$



2. С уменьшением частоты и приближением ее для конкретной НСП к критическому значению ($f \rightarrow f_{кр}$) длина волны $\lambda \rightarrow d$, тогда $\phi \rightarrow 0$



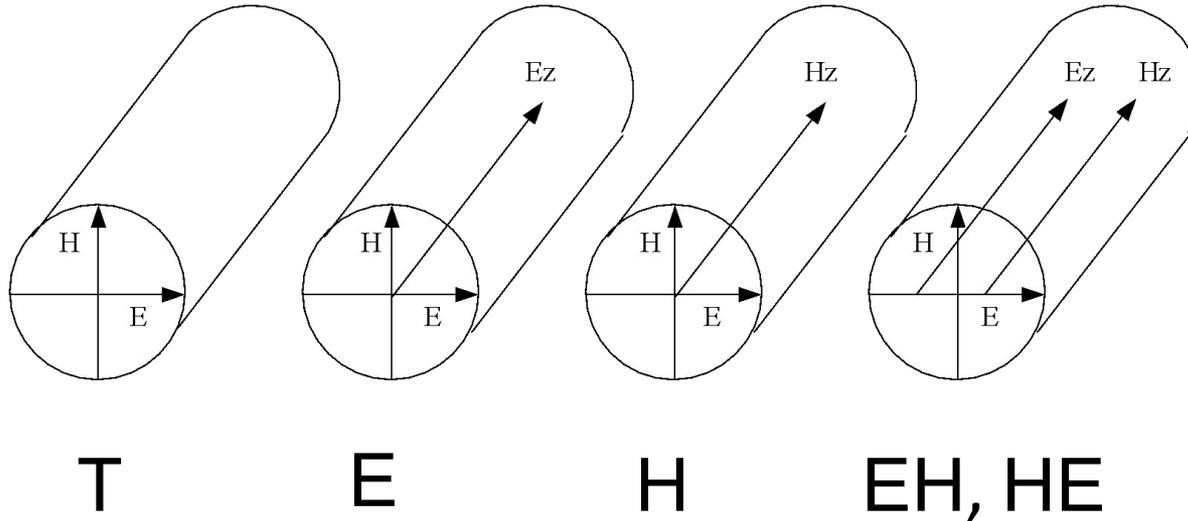
3. При соответствии частоты критической ($f = f_{кр}$) длина волны $\lambda = d$ и угол $\phi = 0$



ТИПЫ И КЛАССЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ

ВОЛН.

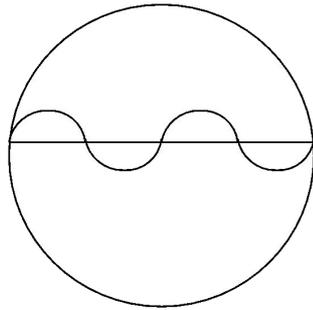
- Т- основная, поперечно электромагнитная волна;
- Е – электрическая волна;
- Н – магнитная волна;
- ЕН или НЕ – смешанная (гибридная) волна.



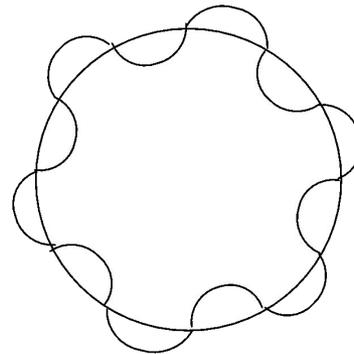
Тип волны характеризуется индексами m и

n .

Индекс n указывает на число полных изменений поля по окружности НСП, а индекс m – на число полных изменений поля по диаметру НСП



$m=2$



$n=6$

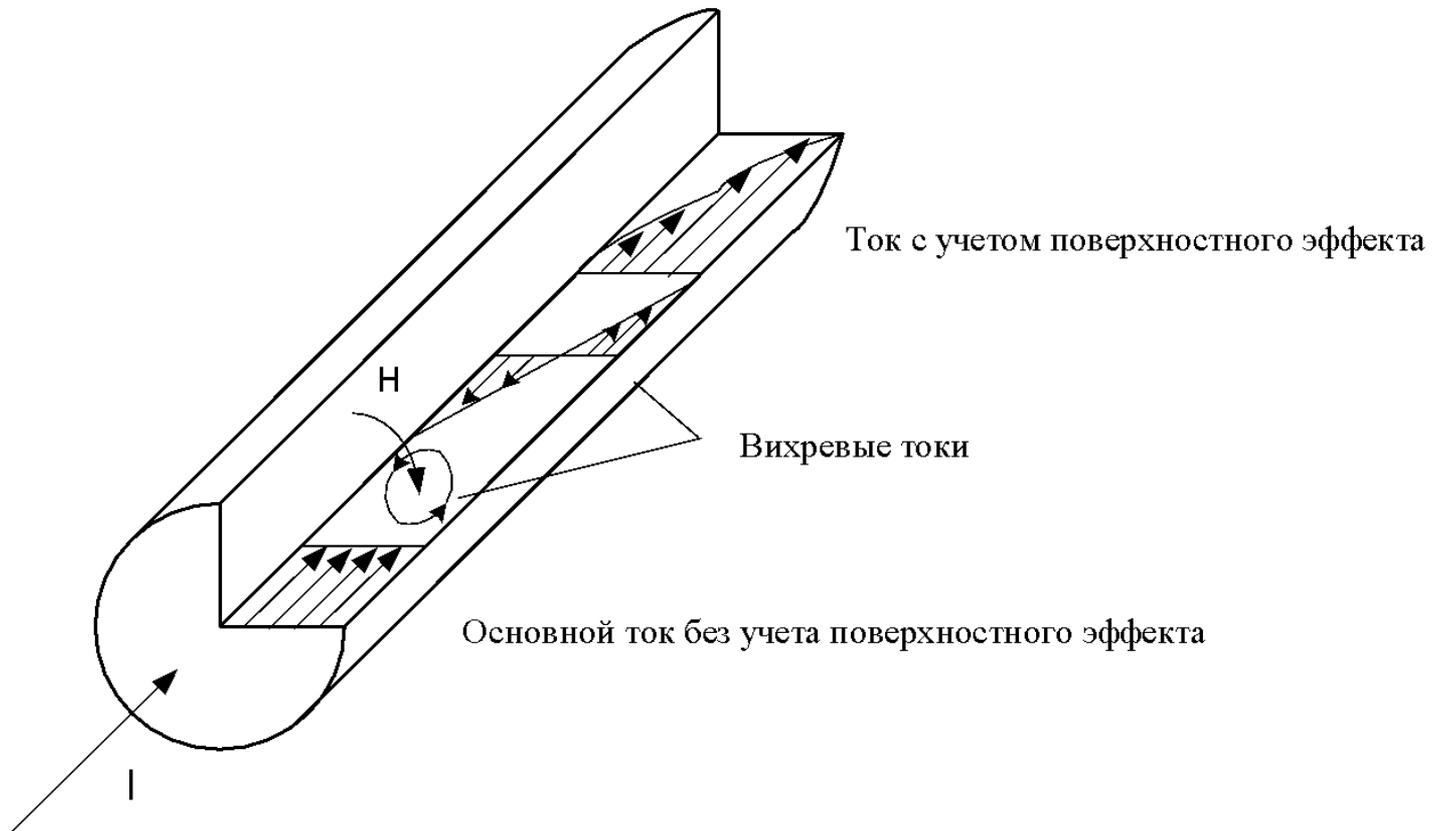
Электромагнитные процессы в двухпроводных цепях связи.

При распространении электромагнитной энергии в двухпроводных цепях возникают следующие явления и эффекты:

- поверхностный эффект;
- эффект близости;
- воздействие на параметры цепи окружающих металлических масс.

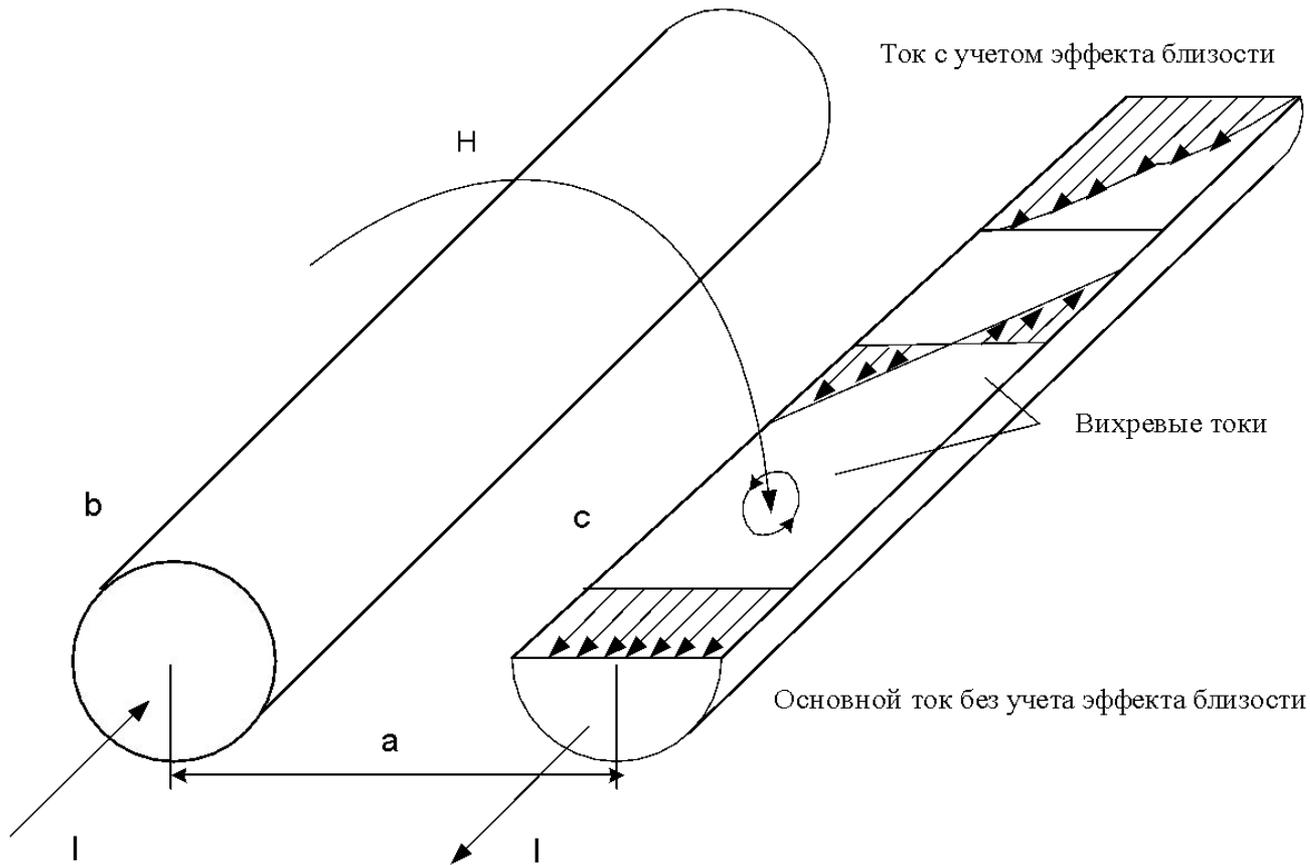
1. Поверхностный эффект.

Поверхностный эффект обусловлен действием внутреннего магнитного поля.



2. Эффект близости.

Эффект близости обусловлен действием внешнего магнитного поля.



Сопротивление двухпроводной кабельной цепи

$$R = 2R_0 \chi \left[1 + F(kr) + \frac{\rho G(kr) \left(\frac{d}{a} \right)^2}{1 - H(kr) \left(\frac{d}{a} \right)^2} \right] + R_M$$

, Ом/км

$$R = R_0 + R_{\text{пэ}} + R_{\text{эб}} + R_M$$

Индуктивность двухпроводной кабельной цепи

$$L = \left[4 \ln \frac{a-r}{r} + Q(kr) \right] 10^{-4} \quad , \text{ Гн/км}$$

$$L = L_{\text{внеш}} + L_{\text{внут}}$$

Емкость двухпроводной цепи

$$C = \frac{\chi \varepsilon 10^{-6}}{36 \ln \left(\frac{a-r}{r} \psi \right)} \quad , \text{ Ф/км,}$$

Проводимость изоляции кабельных цепей

$$G = \omega C \operatorname{tg} \delta \quad , \text{ См/км,}$$

Вторичными параметрами цепей связи являются волновое сопротивление и коэффициент распространения

$$Z_B = \sqrt{\frac{(R + j\omega L)}{(G + j\omega C)}}$$

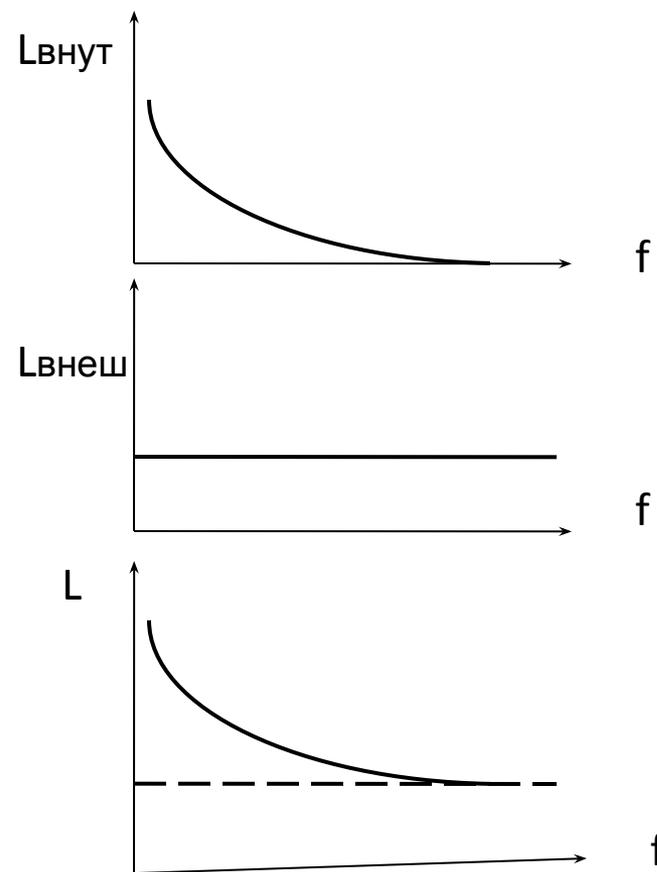
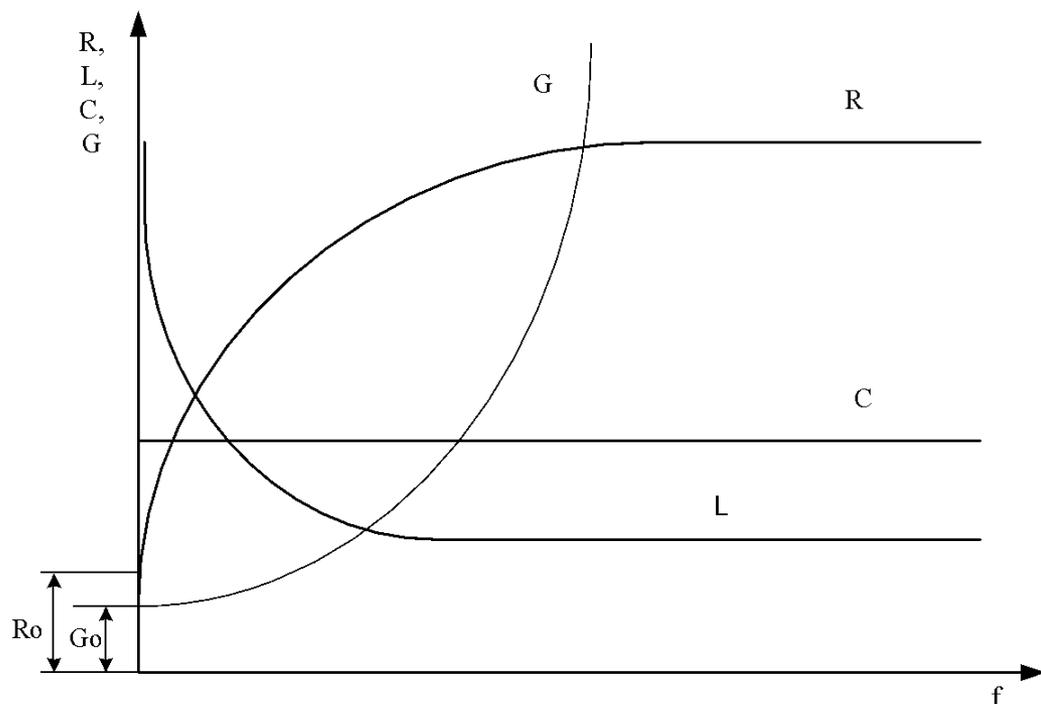
$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

$$\alpha = \left(\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right) 8,69$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC}$$

$$v = \frac{\omega}{\beta}$$

Зависимость первичных параметров от частоты тока.

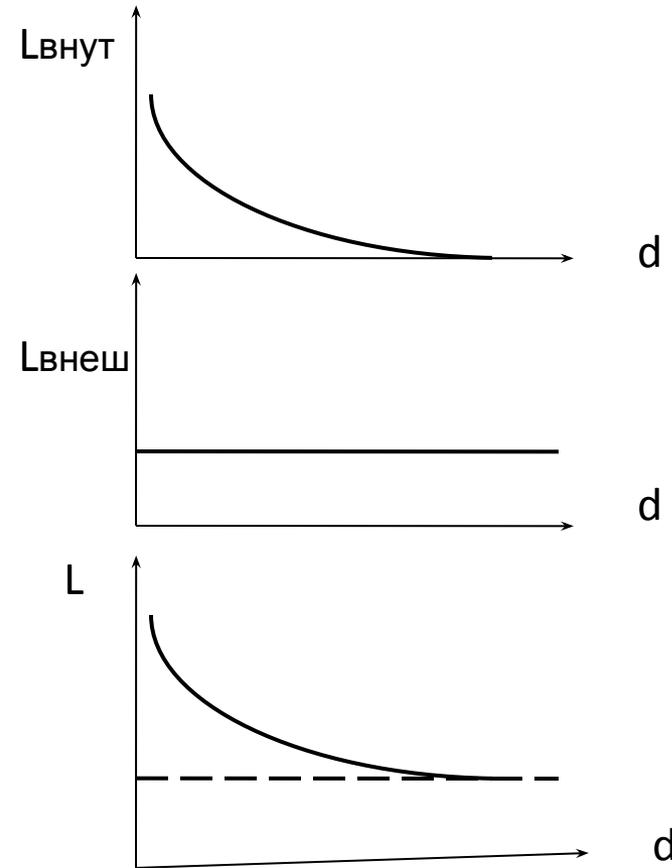
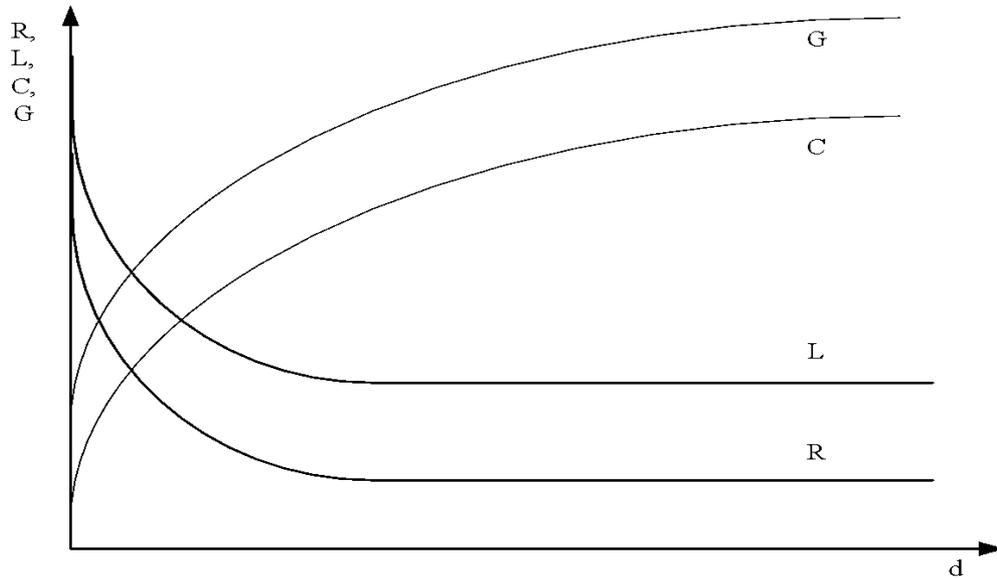


$$R = R_0 + R_{пэ} + R_{эб} + R_M$$

$$L = L_{внеш} + L_{внут}$$

$$G = \omega C \operatorname{tg} \delta$$

Зависимость первичных параметров от диаметра проводников

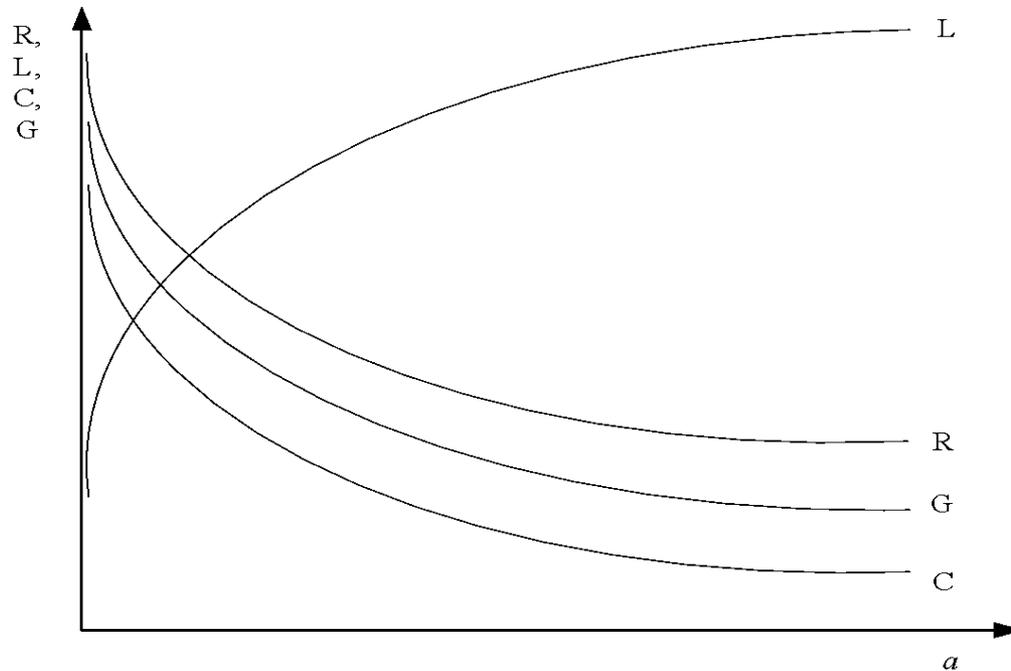


$$R = R_0 + R_{\text{пэ}} + R_{\text{эб}} + R_{\text{м}}$$

$$L = L_{\text{внеш}} + L_{\text{внут}}$$

$$G = \omega C \operatorname{tg} \delta$$

Зависимость первичных параметров от расстояния между проводниками



$$R = R_0 + R_{\text{пэ}} + R_{\text{эб}} + R_{\text{м}}$$

$$L = L_{\text{внеш}} + L_{\text{внут}}$$

$$G = \omega C \operatorname{tg} \delta$$

1

МК

Т

Т

СБ

2

Б

П

С

В

3

А

П

В

4

Б

К

П

Г

БГ

Э

5

П

Шп

	Номер варианта	Марка и емкость кабеля	Аппаратура уплотнения
П о с л е д н я я ц и ф	0	МКПАБ-7х4х1,2	К-24т
	1	МКБАБ-14х4х1,2	К-12+12
	2	МКПАБ-7х4х1,05	К-60п
	3	МКБАБ-7х4х1,2	К-24т
	4	МКБАБ-14х4х1,2	К-12+12
	5	МКСБ-7х4х1,2	К-24т
	6	МКБ-7х4х1,2	К-24т
	7	МКСБ-7х4х1,2	К-60п
	8	МКПАБ-7х4х1,05	ИКМ-120
	9	МКСБ-7х4х1,2	ИКМ-120

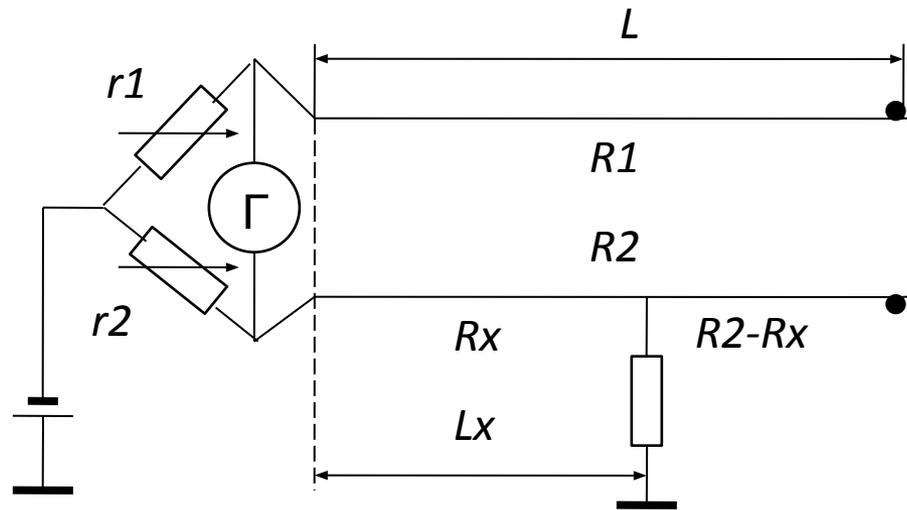
Электрические измерения при определении мест повреждения

повреждения

1. Определение места повреждения изоляции жил

При определении повреждения изоляции обычно пользуются мостовыми методами.

Если на линии есть исправный провод, то применяют простейшие методы: моста с переменным отношением плеч и моста с постоянным отношением плеч.



При равновесии моста имеем

$$r_1 R_x = r_2 (R_1 + R_2 - R_x)$$

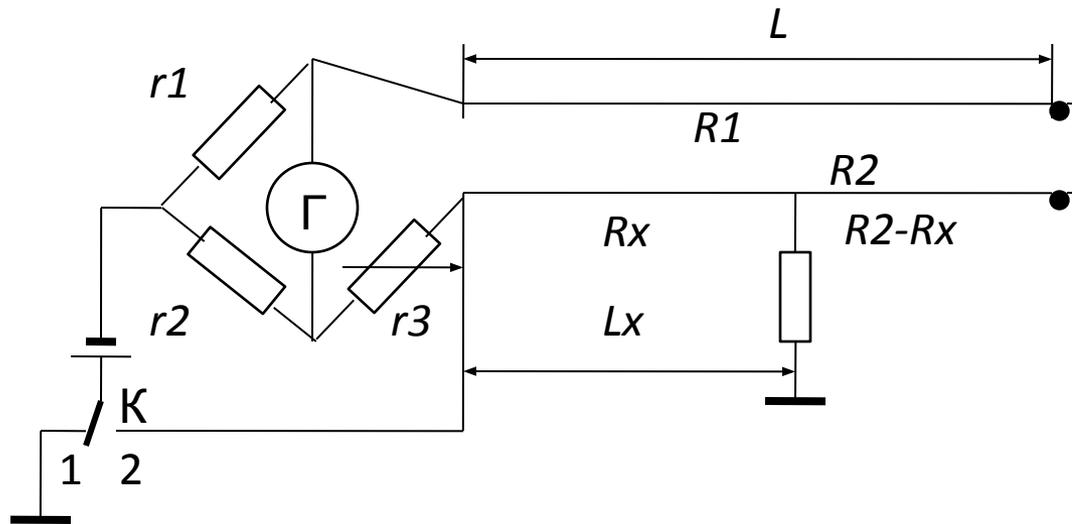
Тогда R_x – сопротивление поврежденного провода от места измерения до места повреждения:

$$R_x = \frac{r_2 R}{r_1 + r_2}$$

где $R = R_1 + R_2$ - сопротивление цепи, составленной из исправного и поврежденного проводов.

Если сопротивления исправного и поврежденного проводов одинаковы ($R_1 = R_2$), то, зная сопротивление цепи R и длину линии L , по сопротивлению R_x определяют расстояние до места повреждения:

$$L_x = 2L \frac{r_2}{r_1 + r_2}$$



Ключ К в положении 1. Установив нужное соотношение плеч r_1 , r_2 , r_3 добиваются равновесия моста. При этом

$$r_1(r_3 + R_x) = r_2(R_1 + R_2 - R_x)$$

Тогда

$$R_x = \frac{R - nr_3}{1 + n}$$

Сопротивление $R = R_1 + R_2$ может быть измерено этим же прибором (ключ К в положении 2).

При $R_1=R_2$ расстояние до места повреждения по сопротивлению R_x определится:

$$L_x = 2L \frac{R - nr_3}{(1+n)R}$$

При $n=1$

$$L_x = L \left(1 - \frac{r_3}{R} \right)$$

2. Определение места обрыва жил

Место обрыва жил может быть определено по результатам измерения емкости

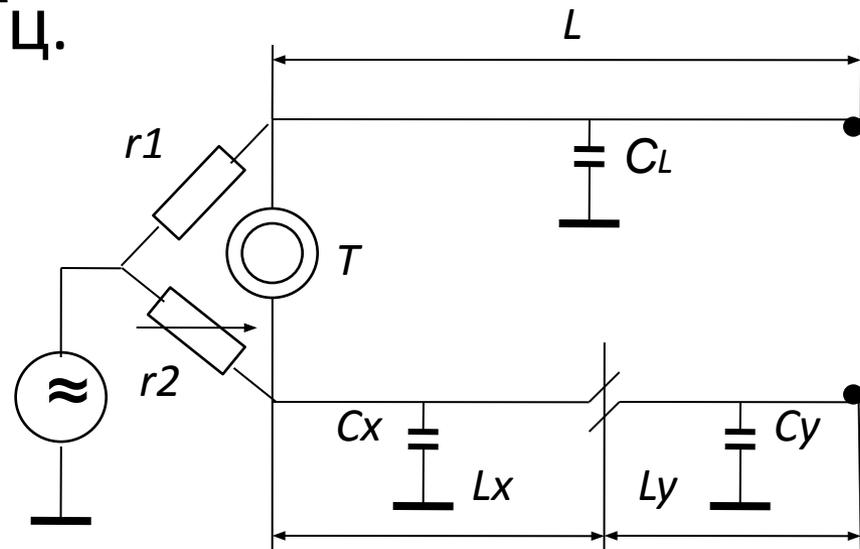
Так как емкость провода пропорциональна его длине, при определении места обрыва сравнивают емкость оборванного провода с емкостью исправного, а расстояние до места повреждения

$$L_x = L \frac{C_x}{C_L}$$

где C_x и C_L – емкости соответственно оборванного и исправного проводов.

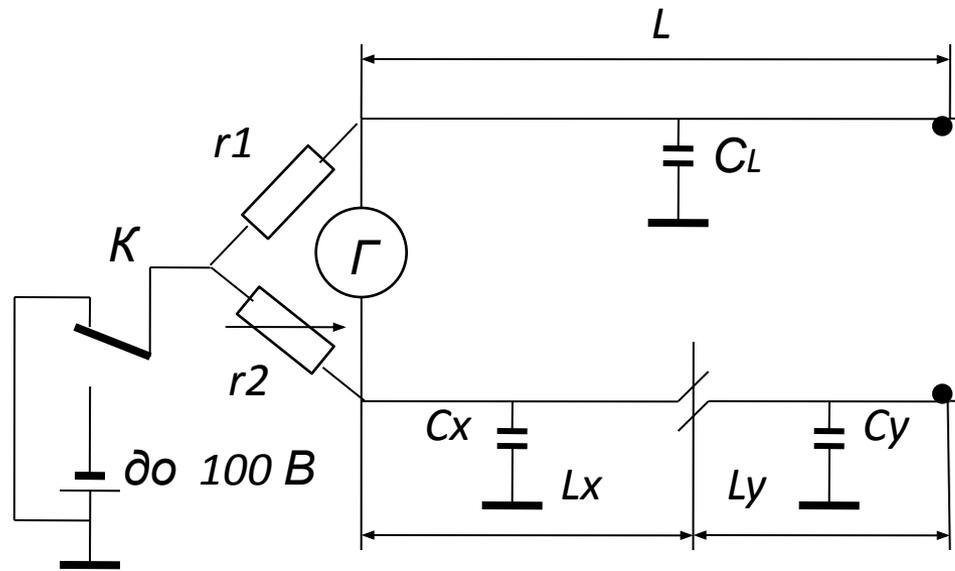
Емкость можно измерять как на переменном, так и на постоянном токе.

На переменном токе измерения производятся на частоте 800 Гц.



Из условия равновесия моста получим

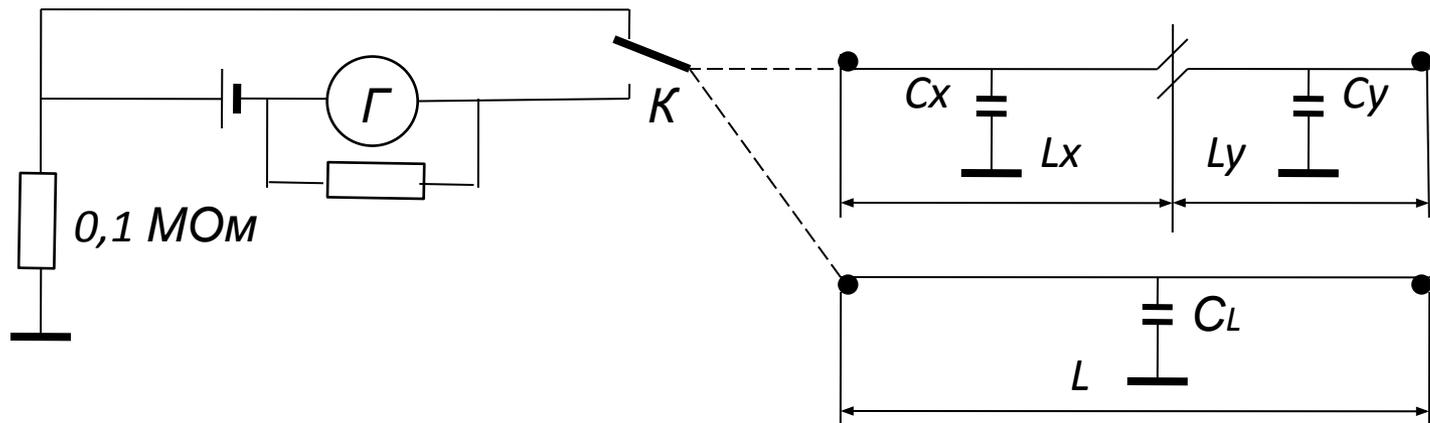
$$r_1 \frac{1}{j\omega C_x} = r_2 \frac{1}{j\omega(C_L + C_y)} \quad L_x = 2L \frac{r_1}{(r_1 + r_2)}$$



При измерении мостовым методом на постоянном токе при помощи ключа К переключают батарею, добиваясь изменением сопротивления плеч моста минимальных показаний гальванометра.

Расстояние до места повреждения определится по формуле:

$$L_x = 2L \frac{r_1}{(r_1 + r_2)}$$



При баллистическом методе, сравнивая отклонения гальванометра α_x при измерении C_x и α_L при измерении C_L , получают расстояние до места повреждения

$$L_x = L \frac{\alpha_x}{\alpha_L}$$

При отсутствии исправного провода измерения производят с двух сторон, при этом получают

$$L_x = L \frac{\alpha_x}{\alpha_x + \alpha_y}$$

При импульсном методе в линию посылаются кратковременные электрические импульсы, которые частично или полностью отражаются от места изменения волнового сопротивления (обрыв, короткое замыкание и т.д.), возвращаются обратно и фиксируются приемной частью измерительного прибора. Зная скорость распространения электромагнитной энергии V и время t с момента посылки импульса и возвращения его обратно, определяют расстояние до места повреждения

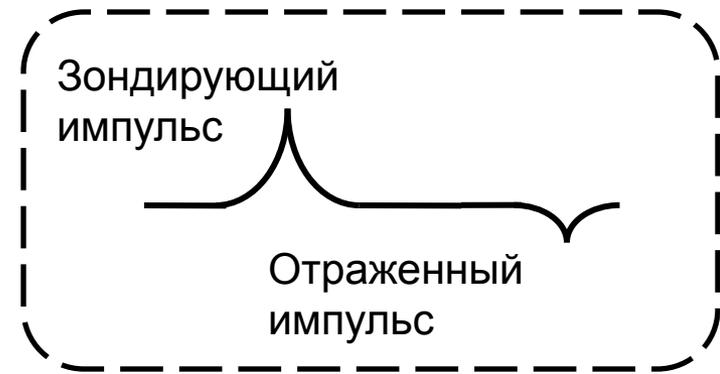
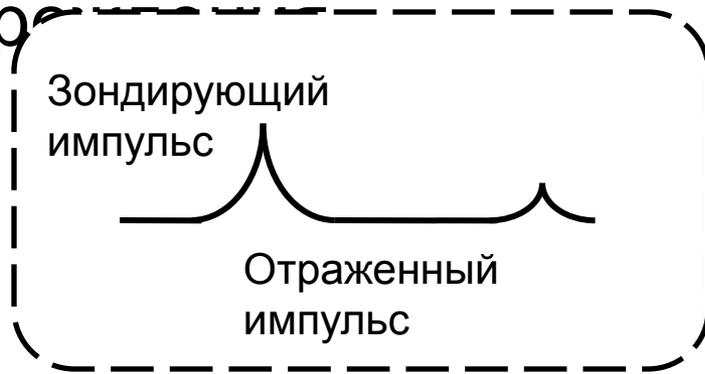
$$L_x = \frac{Vt}{2}$$

Время пробега посылаемого (зондирующего) и отраженного импульсов определяется на экране монитора.

Подаваемый в линию зондирующий и отраженный импульсы видны на экране монитора, который проградуирован также в единицах длины.

Направление выброса на импульсной характеристике позволяет судить о характере

повр



Направление отраженного импульса одинаковое с зондирующим импульсом соответствует увеличению сопротивления (обрыв, асимметрия).

Выброс противоположного направления соответствует повреждению, связанному с понижением сопротивления (пониженная изоляция, короткое замыкание).