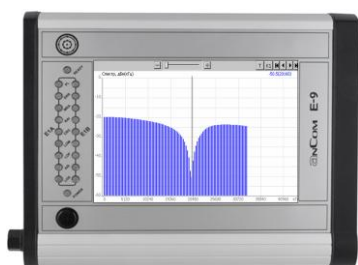

ООО "Аналитик-ТС"

Рекомендации по применению анализаторов цифровых каналов и трактов



AnCom E-9

для измерения
вторичных параметров кабелей
резонансным методом по
ГОСТ 31944-2012
в диапазоне частот до 32 МГц

В соответствии с **ГОСТ 31944-2012**¹ измерение вторичных параметров кабеля (собственного импеданса и коэффициента затухания) выполняется на **отрезке кабеля**, длина которого кратна четверти длины волны на измерительных частотах, по схеме, приведенной на Рис. 1, в которой:

- задается входное высокое сопротивление измерителя уровня напряжения;
- задается входное согласованное с кабелем сопротивление источника сигнала, подаваемого в **отрезок кабеля**, причем величина этого сопротивления относительно собственного входного сопротивления генератора или добавляется, или снижается в целях обеспечения согласования кабеля и генератора.

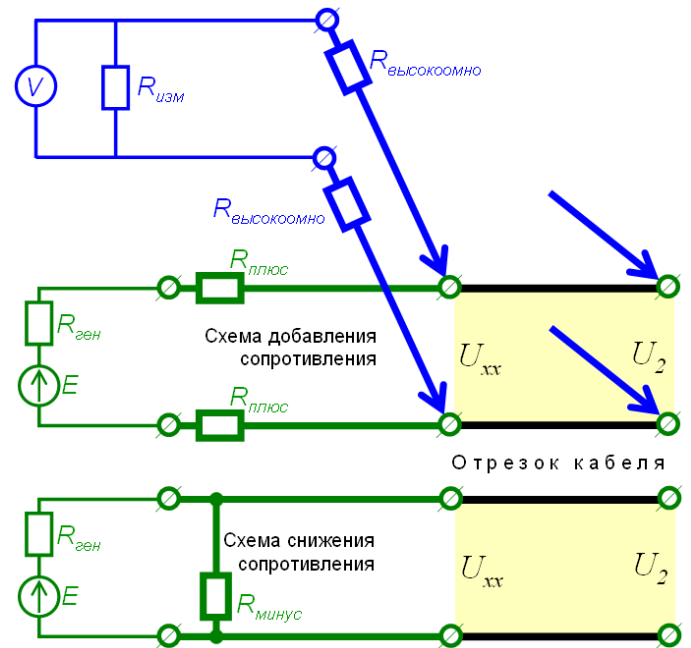


Рис. 1. Измерение резонансным методом

Входной импеданс генератора анализатора **AnCom E-9** (гнезда 6 разъема Tx - см. Рис. 5 и Рис. 6) равен $R_{ген} = 130 \text{ Ом}$ (см. Рис. 2).

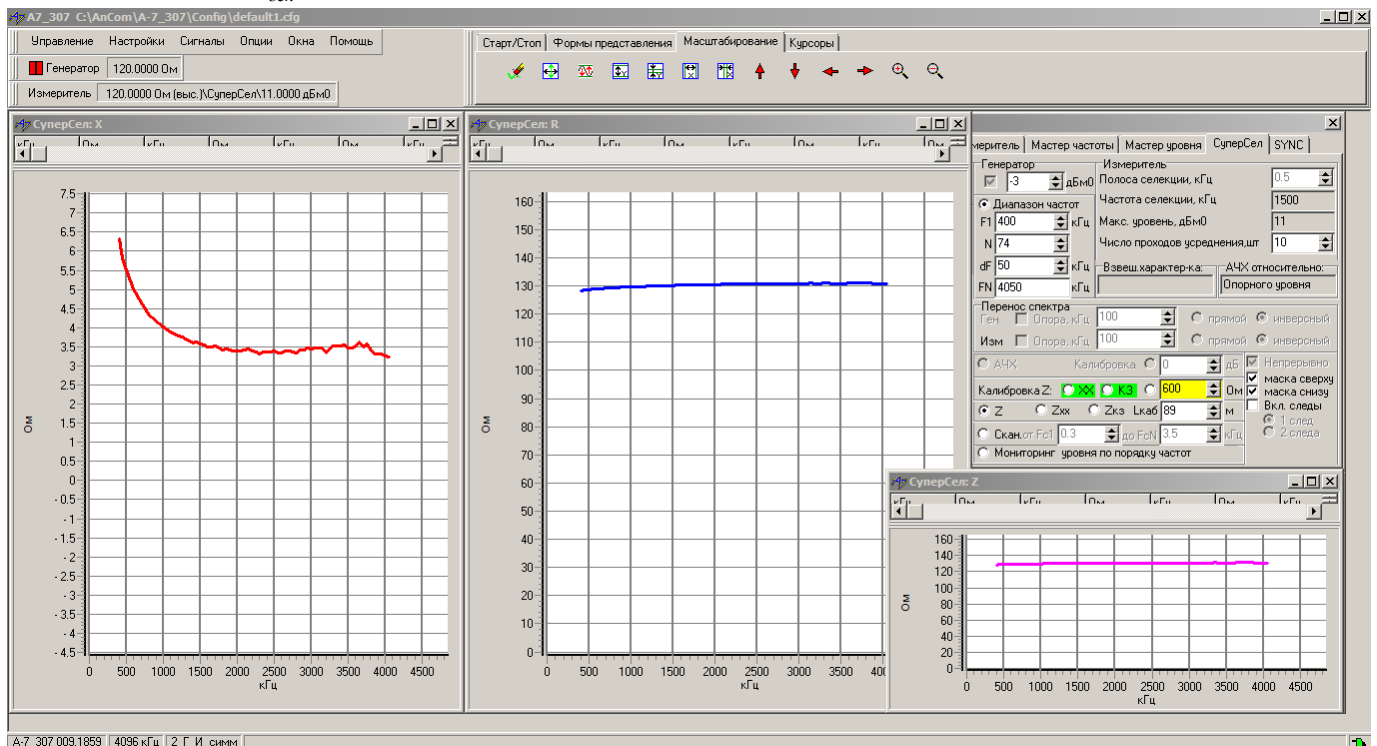


Рис. 2. $R(f)$ и $X(f)$ измерены для последовательной схемы замещения $Z(f) = R(f) + jX(f)$

В Табл. 1 для некоторых значений импеданса кабеля $R_в$ представлены значения соответствующих резисторов для схем снижения и добавления сопротивления.

Табл. 1. Номиналы снижающих и добавляющих резисторов, обеспечивающих согласование

Схема согласования генератора с кабелем	$R_{минус} = \frac{R_{ген} R_в}{R_{ген} - R_в}, \text{ Ом}$						$R_{плюс} = \frac{R_в - R_{ген}}{2}, \text{ Ом}$							
Собств. импеданс кабеля $R_в$, Ом	45	50	75	100	110	120	145	150	175	200	300	400	800	
при $R_{ген} = 130 \text{ Ом}$	68.8	81.3	177.3	433.3	715.0	1560.0	7.5	10.0	22.5	35.0	85.0	135.0	335.0	

¹ **ГОСТ 31944-2012**. Кабели грузонесущие геофизические бронированные. Общие технические условия - <http://docs.cntd.ru/document/1200102742>

Частотные характеристики входного импеданса измерительного входа анализатора **AnCom E-9** (гнезда 8 разъема **Rx** - см. Рис. 5 и Рис. 6) в **высокоомном режиме** имеют представленный на Рис. 3 вид.

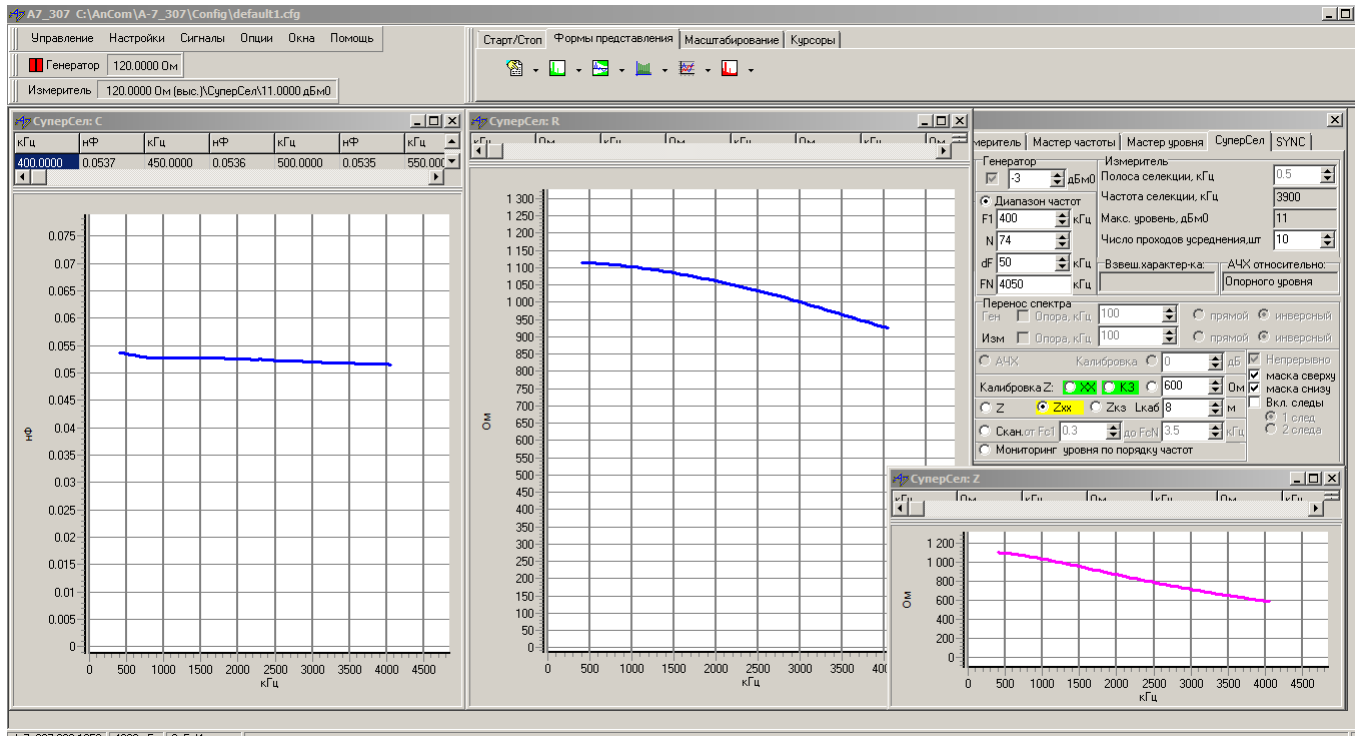


Рис. 3. $R(f)$ и $C(f)$ измерены для параллельной схемы замещения $Z(f) = R(f) \parallel C(f)$ и не зависят от параметра «Усиление, дБ», заданного на панели «Г/И»

Значительная емкость входа ($C \approx 53 \text{ нФ}$) и недостаточное высокое сопротивление ($R \approx 1000 \text{ Ом}$) **не позволяют непосредственно применить высокоомный режим** измерителя анализатора **AnCom E-9** для определения уровней напряжения U_{xx} и U_2 .

Частотные характеристики входного импеданса измерительного входа анализатора **AnCom E-9** (гнезда 8 разъема **Rx** - см. Рис. 5 и Рис. 6) в **согласованном режиме** имеют представленный на Рис. 4 вид.

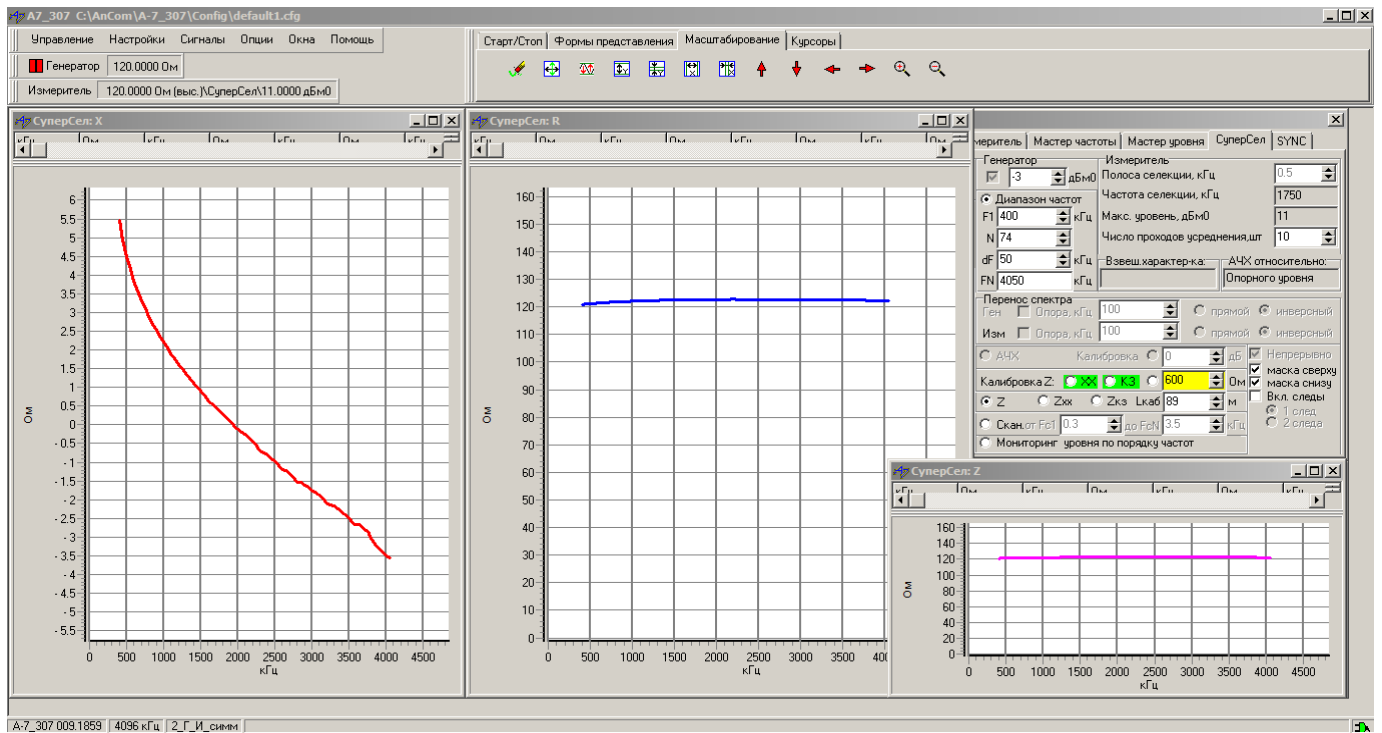


Рис. 4. $R(f)$ и $C(f)$ измерены для последовательной схемы замещения $Z(f) = R(f) + jX(f)$ и не зависят от параметра «Усиление, дБ», заданного на панели «Г/И»

Входной импеданс генераторного выхода анализатора можно считать равным

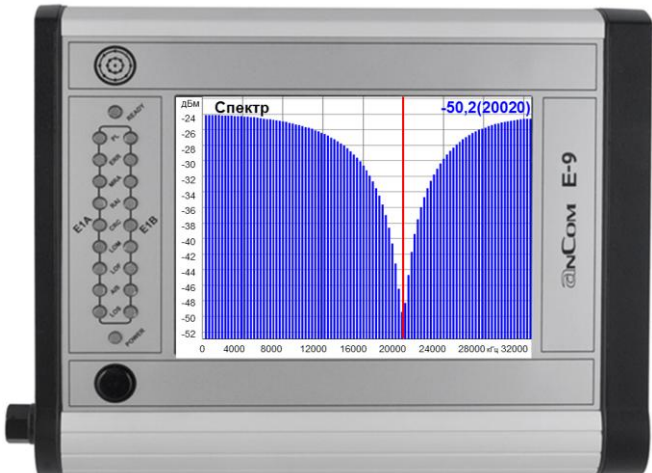
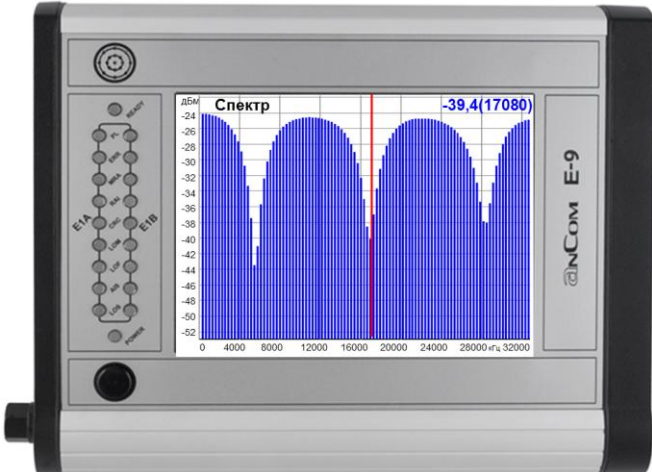
$R_{изм} \approx 130 \text{ Ом}$ (см. Рис.1) и исходить из этого значения при подключении входа измерителя с использованием схемы обеспечения высокого сопротивления:

- к началу отрезка кабеля для измерения уровня U_{xx} и
- к концу отрезка кабеля для измерения уровня U_2 .

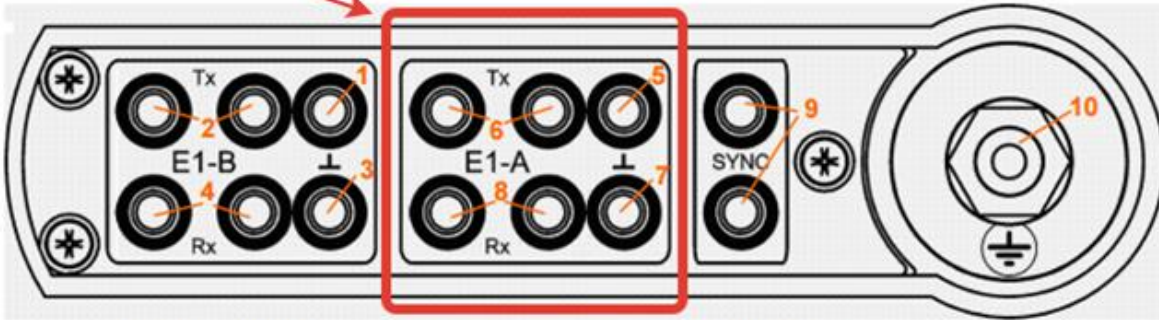
Рекомендация для выбора резисторов для обеспечения высокоомного подключения (см. Рис.1) измерителя уровня $R_{высокоомно} = 5...8 \text{ кОм}$.

Измерение **собственного импеданса кабеля** резонансным методом по **ГОСТ 31944-2012** обеспечивается выполнением операций в соответствии с Табл. 2.

Табл. 2. Измерение собственного импеданса кабеля

Измерение емкости отрезка кабеля C	Используется RLC-метр , например, APPA-703, E7-20, AnCom A-7/307. Измерительная частота выбирается равной 1 кГц. RLC-метр подключается непосредственно к отрезку кабеля.		
Предварительный расчет	$f_p^{расч} = \frac{75000}{l\sqrt{\varepsilon}}$	частота 1-го резонанса $f_p^{расч}$ по известной длине кабеля l	ε - диэлектрич. проницаемость изоляции жил ($\varepsilon = 2,3$ для ПЭ); $f_p^{расч}$ - расчетная частота 1-го резонанса, кГц; l - длина кабеля, м
Измерение фактической резонансной частоты nf_p и измерение уровня напряжения $U_{xx}(nf_p)$ на частоте nf_p	<p>Используется анализатор AnCom E-9, подключаемый по схеме Рис. 1, Рис. 6 для измерения уровня напряжения U_{xx} с использованием $R_{высокоомно}$.</p> <p>Устанавливается режим «Анализ кабеля: АЧХ». На форме «ГИ» задаются:</p> <p>Диапазон, МГц, вмещающий $nf_p^{расч}$; Усиление, дБ=0; Подключение АЦП=Согласованно; Усреднение за 15с=вкл; Генератор=вкл; Уровень, дБм=0.</p> <p>Выбирается форма «Спектр»; приближенное значение резонансной частоты $nf_p^{прибл}$ определяется по положению измерительного курсора в точке минимума спектра.</p> <p>Уточнение резонансной частоты ведется в режиме «Анализ кабеля: затухание». На форме «ГИ» задаются:</p> <p>Диапазон, МГц, вмещающий $nf_p^{прибл}$; Усиление, дБ=0; Подключение АЦП=Согласованно; Усреднение за 15с=вкл; Генератор=вкл; Уровень, дБм=0.</p> <p>На основной форме определяется величина Затухание, дБ. Уточнение резонансной частоты nf_p выполняется путем подбора такого значения Частота, кГц= nf_p, при котором обеспечивается максимум параметра Затухание, дБ. Фиксируется уровень напряжения $U_{xx}(nf_p), дБ = -Затухание, дБ$</p>	 <p>Длина отрезка выбрана столь короткой, чтобы в спектре был виден только 1-й резонанс ($n=1$)</p>  <p>Длина отрезка увеличена так, чтобы в спектре уместились бы резонансы 1-й, 3-й и 5-й. Курсор установлен на 3-й резонанс ($n=3$)</p>	
Расчет импеданса	$Z_{\varepsilon} = \frac{10^6 n}{4nf_p C}$	Z_{ε} - собственный импеданс кабеля, Ом; n - номер резонанса ($n = 1$ для 1-го резонанса); nf_p - измеренная частота n -го резонанса, кГц; C - измеренная на частоте 1 кГц емкость отрезка кабеля, нФ; 10^6 - масштабный коэффициент, связывающий f_p , кГц и C , нФ	

Гнезда анализатора AnCom E-9,
используемые при измерениях кабеля



Назначение разъемов представлено в таблице:

Номер на рисунке	Назначение разъема
1	Средняя точка выхода передатчика потока E1 канал В
2	Выход передатчика потока E1 канал В
3	Средняя точка входа приемника потока E1 канал В
4	Вход приемника потока E1 канал В
5	Средняя точка выхода передатчика
6	Выход передатчика
7	Средняя точка входа приемника
8	Вход приемника
9	Сигнал синхронизации передачи
10	Защитное заземление

Рис. 5. Выход генератора и вход измерителя анализатора AnCom E-9

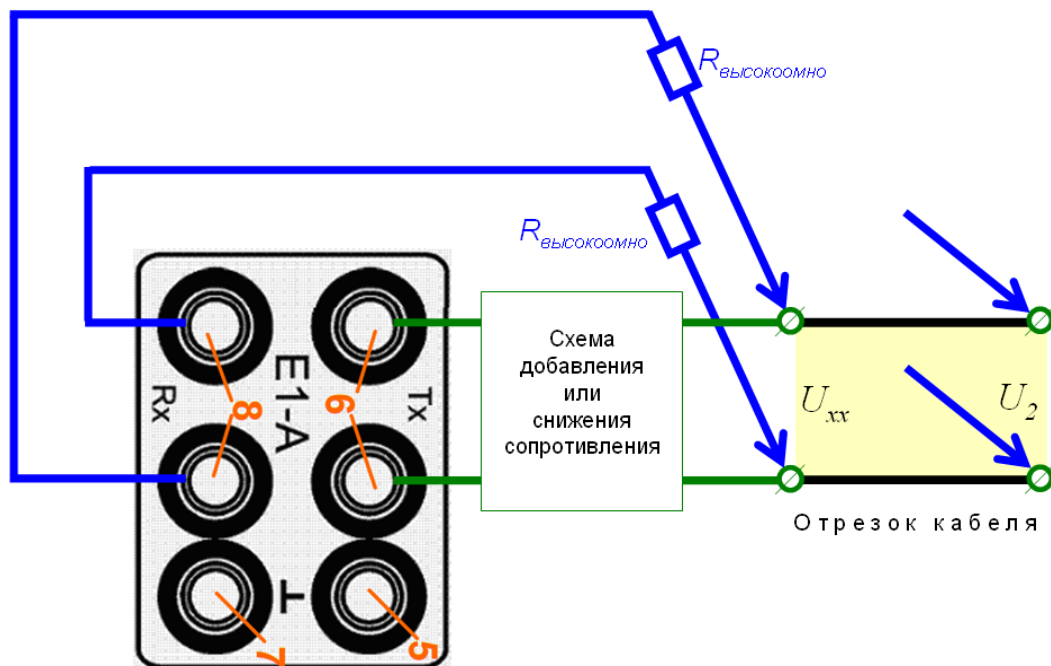


Рис. 6. Подключение анализатора AnCom E-9 к измеряемому отрезку кабеля. Измеряемый отрезок кабеля подключается к выходу генератора Tx через схему добавления/снижения сопротивления. Вид и номиналы резисторов схемы выбираются исходя из измеренного значения импеданса кабеля Z_g . Напряжения U_{xx} и затем U_2 через резисторы $R_{\text{высокоомно}}$ подаются на вход Rx.

Измерение **собственного коэффициента затухания** кабеля резонансным методом с применением формулы **(А.5)** из **ГОСТ 31944-2012** обеспечивается выполнением операций в соответствии с Табл. 3.

Табл. 3. Измерение собственного коэффициента затухания кабеля

<p>Измерение уровня напряжения $U_2(nf_p)$ на частоте n-го резонанса nf_p</p>	<p>В схеме измерений по Рис. 1, Рис. 6 производится переключение для измерения уровня напряжения U_2. Частота генератора сохраняется установленной равной уточненной резонансной Частота,кГц=f_p.</p> <p>Фиксируется уровень напряжения $U_2, дБ = -Затухание, дБ$</p>
$\alpha_p(nf_p) = \frac{1}{l} 8,686 \operatorname{arsh} \left(\frac{U_{xx}(nf_p)}{U_2(nf_p)} \right)$	<p>здесь:</p> <p>$\alpha_p(nf_p)$ коэффициент затухания на частоте nf_p в дБ на единицу длины, в которых задана длина кабеля l ;</p> $\frac{U_{xx}(nf_p)}{U_2(nf_p)} = 10^{(U_{xx}(nf_p), дБ - U_2(nf_p), дБ) / 20}$ <p>соотношение уровней напряжения по формуле (А.5) из ГОСТ 31944-2012, выраженное через разность уровней напряжения, измеренных в децибелах;</p> <p>l длина отрезка кабеля в метрах, километрах, ...;</p> <p>arsh арксинус гиперболический – см. http://planetcalc.ru/1118/.</p>

Приложение

Диапазоны уровня гармонического сигнала, в которых обеспечивается успешное измерение уровня в зависимости от параметра «Усиление,дБ», установленного на панели «Г/И» анализатора **AnCom E-9**.

*Диапазоны измеряемых анализатором **AnCom E-9** уровней*

Усиление, дБ	Уровень 1200 Гц при подключении АЦП «Согласованно»		Примеч.
	Минимальный (измеряется с нестабильностью $\pm 0,1$ дБ при усреднении 15 с), дБм	Максимальный (измеряется без перегрузки), дБм	
-12	-45	+16	
0	-50	+4	рекомендуется
10	-50	-6	
20	-50	-16	
30	-50	-26	
40	-50	-38	