

Двухкаскадный повторитель напряжения (ПН), схема "мост + полумост", имеет возможность балансировки по входному току и ограничения амплитуды выходного сигнала.

технические характеристики:

| | | |
|---------------|------------------------|--|
| $U_{(вых)}$ | $\leq 3 V_{(скз)}$ | выходное напряжение ПН |
| G | - 0.3 дБ | коэфф. усиления напряж. переменного тока ПН, $Z_{(ист)} = 100 \text{ Ом}$, $R_{(н)} = 2 \text{ кОм}$ |
| $Z_{(вх)}$ | $\sim 400 \text{ кОм}$ | входной импеданс ПН |
| $Z_{(ист)}$ | $\leq 100 \text{ кОм}$ | выходной импеданс источника сигнала |
| THD | $\leq 0.004 \%$ -89 дБ | рабочая область частот, до 9-й гармоники вкл, $Z_{(ист)} = 100 \text{ кОм}$, $R_{(н)} = 600 \text{ Ом}$ |
| SINAD | 89 дБ | сигнал \ уровень шума + THD, $Z_{(ист)} = 100 \text{ кОм}$, $R_{(н)} = 600 \text{ Ом}$, раб. обл. част. |
| $F_{(раб)}$ | 20 Гц \sim 20 кГц | рабочая область частот ПН |
| $F_{P(-3дБ)}$ | 25 Гц \sim 25 МГц | сильносигнальная область частот ПН, $P_{(-3дБ)}$, $Z_{(ист)} = 100 \text{ Ом}$, $R_{(н)} = 600 \text{ Ом}$ |
| $F_{(-3дБ)}$ | 8 Гц \sim 45 МГц | эффективная область частот ПН, $U_{(-3дБ)}$, $Z_{(ист)} = 100 \text{ Ом}$, $R_{(н)} = 2 \text{ кОм}$ |
| $F_{(-1дБ)}$ | 15 Гц \sim 37 МГц | область частот ПН, $U_{(-1дБ)}$, $Z_{(ист)} = 100 \text{ Ом}$, $R_{(н)} = 2 \text{ кОм}$ |
| PSRR | $\geq 30 \text{ дБ}$ | $F(20 \text{ Гц} \sim 200 \text{ кГц})$, $Z_{(ист)} = 100 \text{ кОм}$, $R_{(н)} = 600 \text{ Ом}$ |
| $U_{(огр)}$ | $\sim 10 V_{(p-p)}$ | пиковое напряжение ограничителя амплитуды вых. сигнала |
| $I_{(p)}$ | $\sim 17 \text{ mA}$ | ток покоя, на плечо ПН |

Первый каскад (Q3\Q4)

Левая половина моста.

Каскад симметричных эмиттерных повторителей с входным импедансом $Z_{(вх)} \sim 10 \text{ МОм}$ на плечо.

ФНЧ R9\C5 ограничивает эффективную полосу пропускания $F_{(-3дБ)} = 45 \text{ МГц}$.

Резистор R10 фиксирует $Z_{(вх)}$ ПН на уровне $\sim 400 \text{ кОм}$.

Для снижения нелинейности каскада при высоком $Z_{(ист)}$ коллекторы повторителей Q3\Q4 подключены к эмиттерам Q2\Q6 соответственно, это снижает пространственный заряд ёмкости $C_{(бк)}$ Q3\Q4.

Делитель R4\R5\R13\R14\R7 задаёт ток через резистор R10 с крутизной около $\pm 1V \sim \pm 2 \text{ мкА}$, компенсируя входной ток ПН при вероятном процентном разбросе параметра $h_{(21э)}$ транзисторов Q3\Q4.

Генераторы стабильного тока (ГСТ) Q1\Q5 являются нагрузкой повторителей Q3\Q4 для верхнего и нижнего плеча соответственно и стабилизируют ток в силовой диагонали моста.

Второй каскад (Q2\Q6)

Правая половина моста.

Каскад симметричных эмиттерных повторителей, $Z_{(вх)} \sim 400 \text{ кОм}$ на плечо.

Схема "полумост", нагружен на сопротивление нагрузки ($R_{(L)}$) и амплитудный ограничитель уровня сигнала. Каскад работает в режиме "класс А" при $R_{(L)} > 340 \text{ Ом}$, в случае $R_{(L)} = 2 \text{ кОм}$, ток $I_{(p-p)} \sim 20 \%$.

Амплитудный ограничитель уровня сигнала

В режиме работы без ограничения уровня выходного сигнала PN-переходы диодов D1\D2 закрыты напряжением стабилизации стабилитронов D3\D4, ограничитель не оказывает влияния на усиливаемый сигнал.

При увеличении выходного сигнала ПН более $U \sim 10 V_{(p-p)}$, диоды D1\D2 открываются и через низкое динамическое сопротивление стабилитронов D3\D4 шунтируют выход повторителя на землю.

Резисторы R8\R11 ограничивают максимальный ток на выходе ПН и уменьшают мощность тепло-рассеивания на транзисторах Q2\Q6 при ограничении амплитуды выходного сигнала ПН ограничителем уровня.

ФНЧ R1\C2, R18\C7 и источники стабилизированного питания $\pm 15 V$, при значении $Z_{(ист)} \gg 1 \text{ кОм}$, улучшают отношение сигнал \ помеха (PSRR) по шинам источников питания ПН.



[загрузить актуальную версию](#)



https://dzen.ru/tracking_trend

Tracking Trend



схема мост + полумост

G1- источник сигнала

G2- ГСТ, питание "+" моста

G3- ГСТ, питание "-" моста

ГСТ- генератор стабильного тока

Q1-Q4- транзисторы плеч моста

Z(s)- импеданс ист. сигнала

Z(in)- входной импеданс ПН

R(x)- резисторы делителя компенсатора

aa'- измерительная диагональ моста

bb'- силовая диагональ моста

I_a- входной ток моста

I_b- ток компенсатора

I_c, I_d, I_e, I_f- токи плеч моста

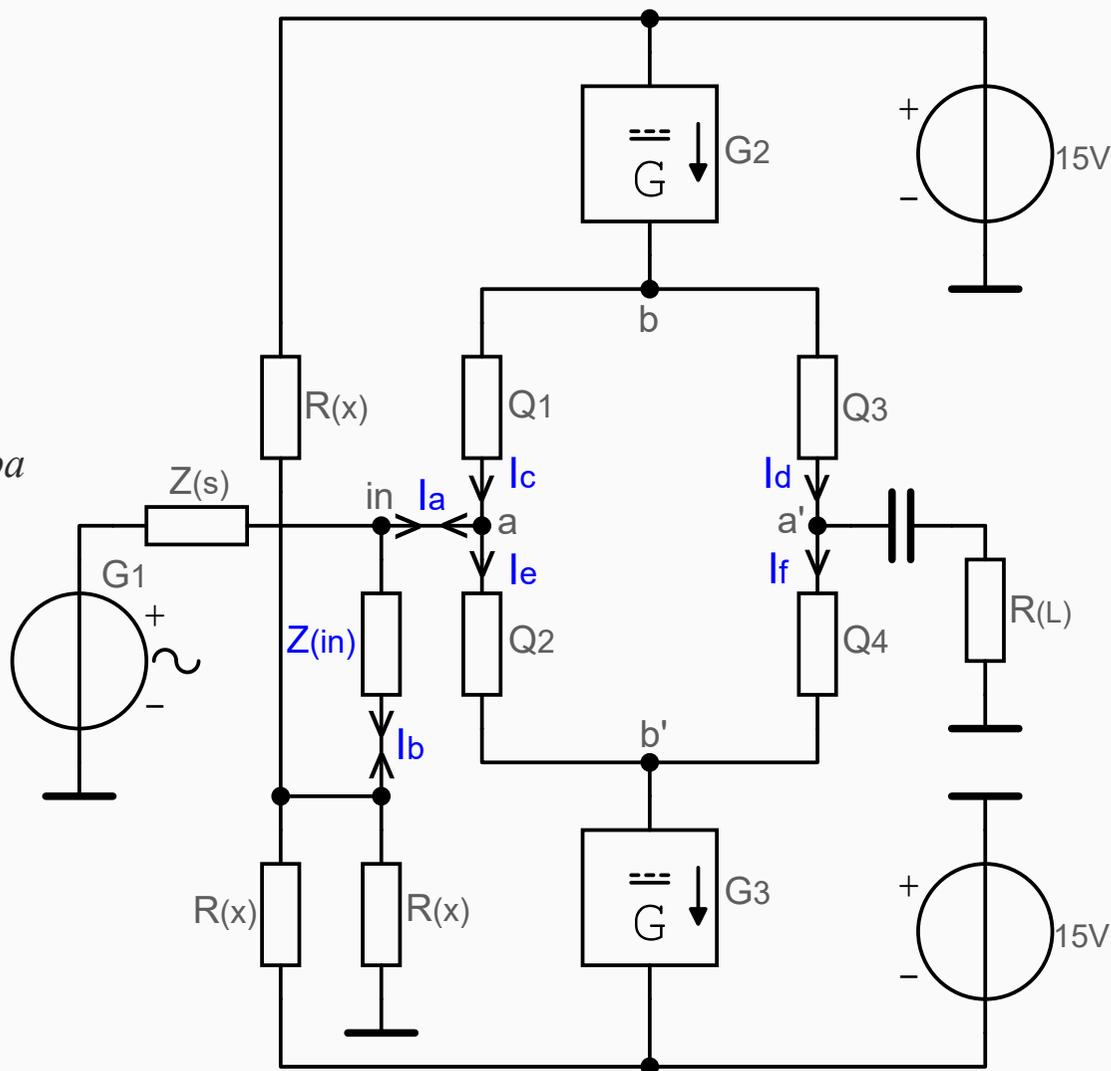
$Z(s) \approx 0, Z(s) \gg 0$

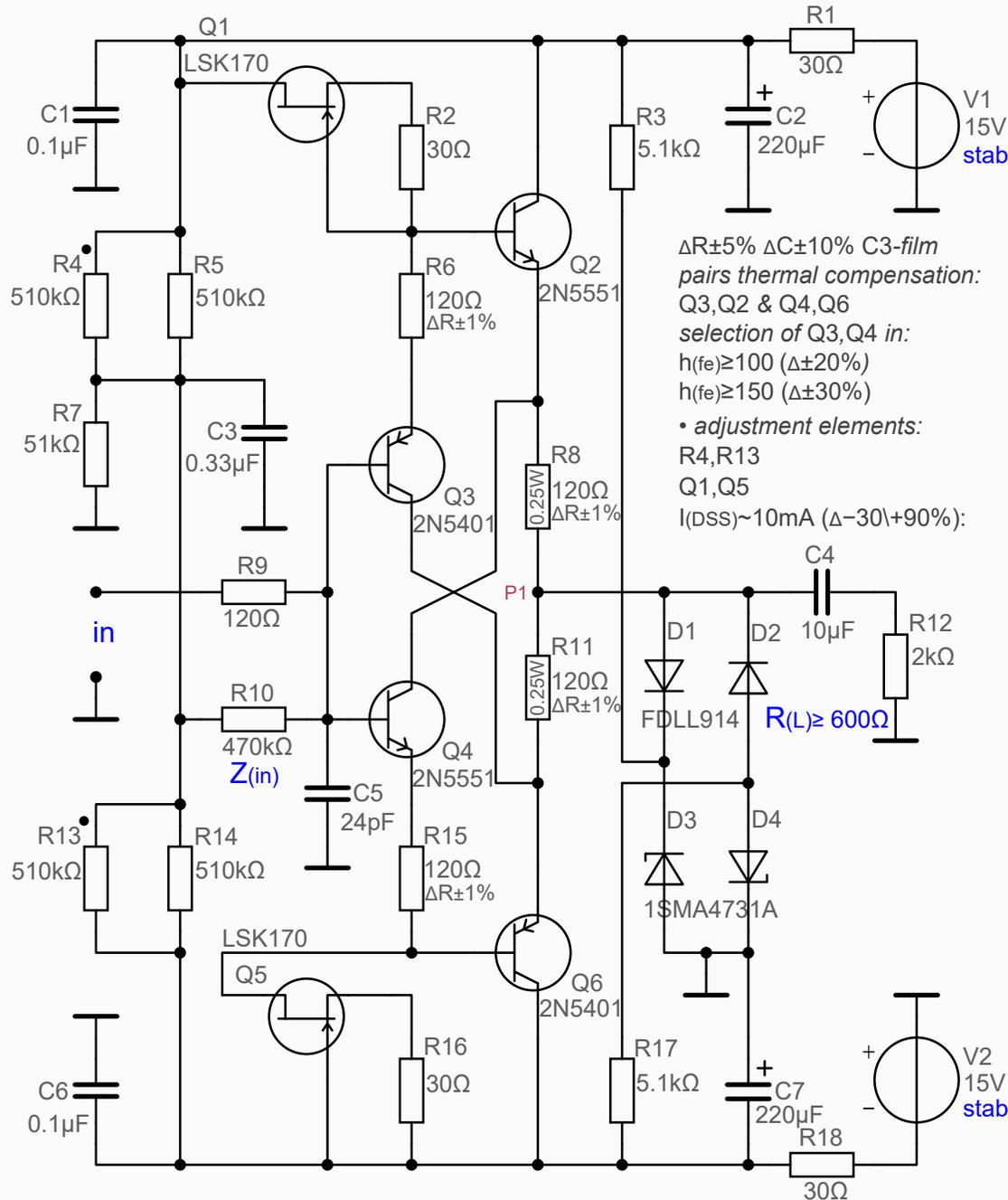
$I_a - I_b \approx 0$

$Q1 \approx Q2 \approx Q3 \approx Q4$

$I_c \approx I_e \approx I_d \approx I_f$

$U(aa') \approx 0$





Налаживание и регулировка ПН

Генератор стабильного тока (ГСТ) Q1, Q5
Балансировка моста по входному току ПН

ГСТ

Установка начального тока ГСТ.

Нагрузить ГСТ ($U_{(зи)}=0\text{V}$) резистором $R \approx 300 \Omega$, подключить к источнику питания $U = 15 \text{V}$.

Ток через резистор должен составлять:
 $7 \text{mA} \leq I(R) \leq 19 \text{mA}$.

Установка рабочего тока ГСТ.

Подключить между выводами "ЗИ" транзистора резистор $R \approx 0 \sim 300 \Omega$, изменением сопротивления резистора установить: $I = 5 \text{mA}$ ($\Delta \pm 5\%$).

Установить ГСТ на плату ПН.

Балансировка моста

Прогреть ПН в течении 15 мин.

Отключить вход ПН от источника сигнала.

Замкнуть вход на землю и измерить напряжение вольтметром в точке "P1".

Разомкнуть вход, установить в точке "P1" резистором R4 (R13) такое же значение напряжения.

При замыкании входа ПН на землю и его размыкании, напряжение в точке "P1" не должно значительно изменяться.

Карта напряжений, токов и мощностей (КНТМ).

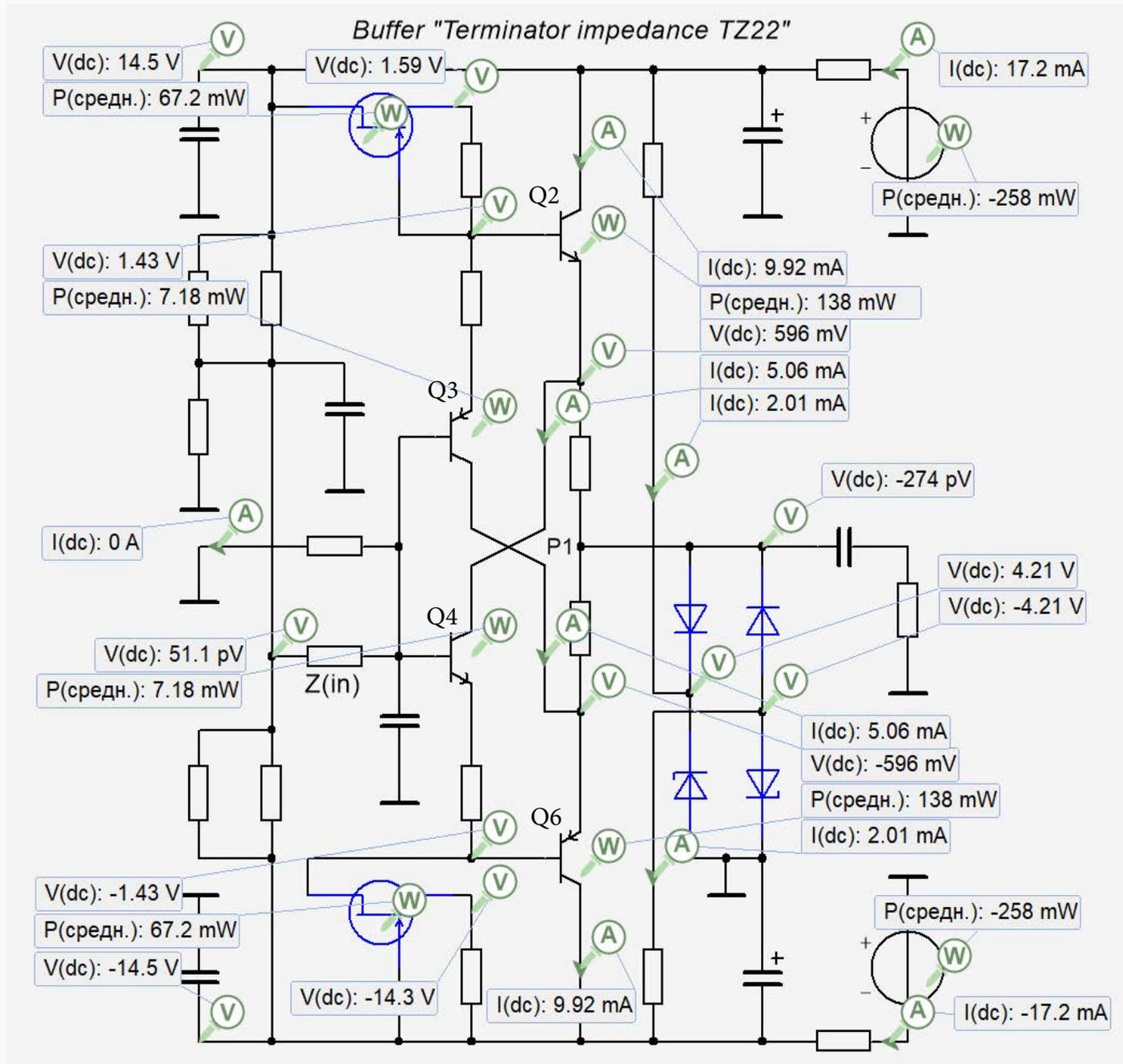
серый- идеальная модель компонента
 синий- реальная модель компонента

Q2
 $U_{(eb)} = 0.834 \text{ V}$
 $h_{(fe)} = 100$

Q4
 $U_{(eb)} = 0.834 \text{ V}$
 $h_{(fe)} = 100$

Q3
 $U_{(eb)} = 0.816 \text{ V}$
 $h_{(fe)} = 100$

Q6
 $U_{(eb)} = 0.816 \text{ V}$
 $h_{(fe)} = 100$



Buffer TZ22

Анализ АС АФЧХ ПН

$Z_{(ист)}$ - импеданс источника сигнала

$R_{(L)}$ - сопротивление нагрузки ПН

Амплитудно - фазовая частотная характеристика ПН.

0.775 V_(скз)

-0.3 дБ

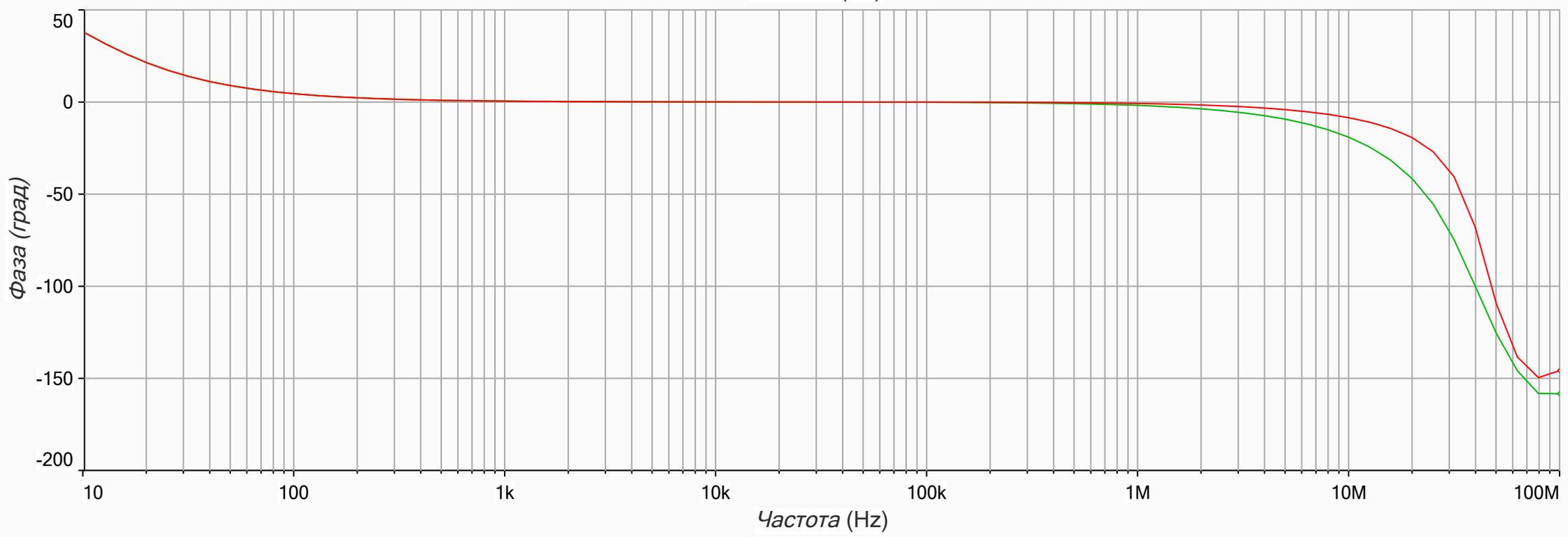
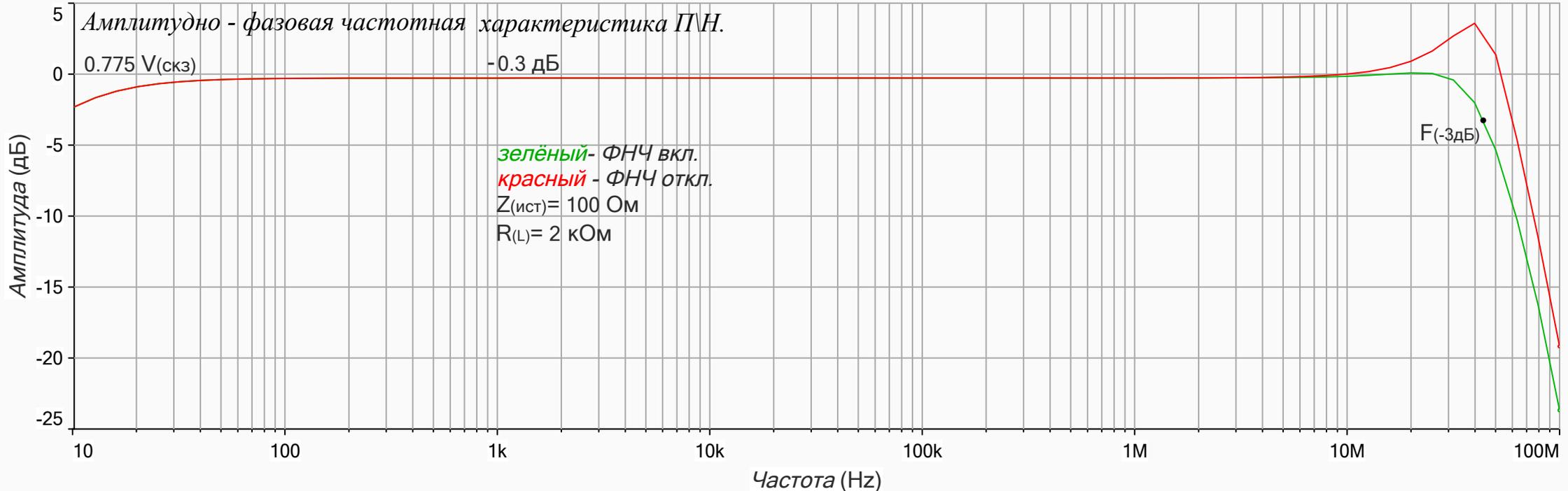
зелёный - ФНЧ вкл.

красный - ФНЧ откл.

$Z_{(ист)} = 100 \text{ Ом}$

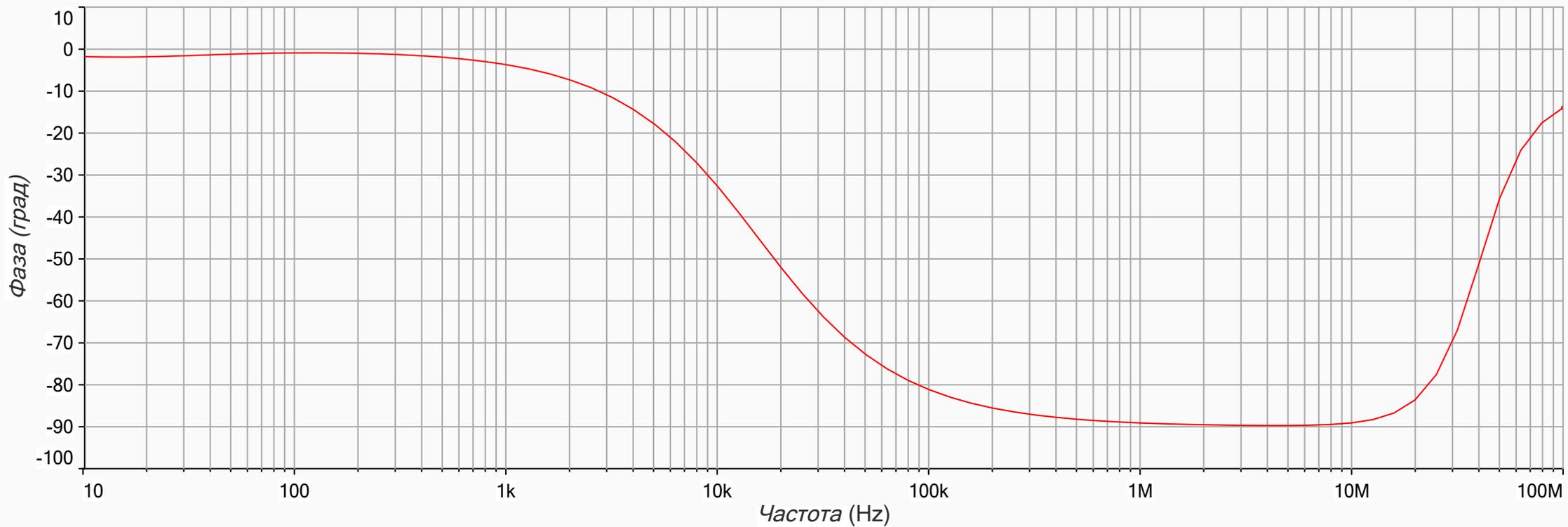
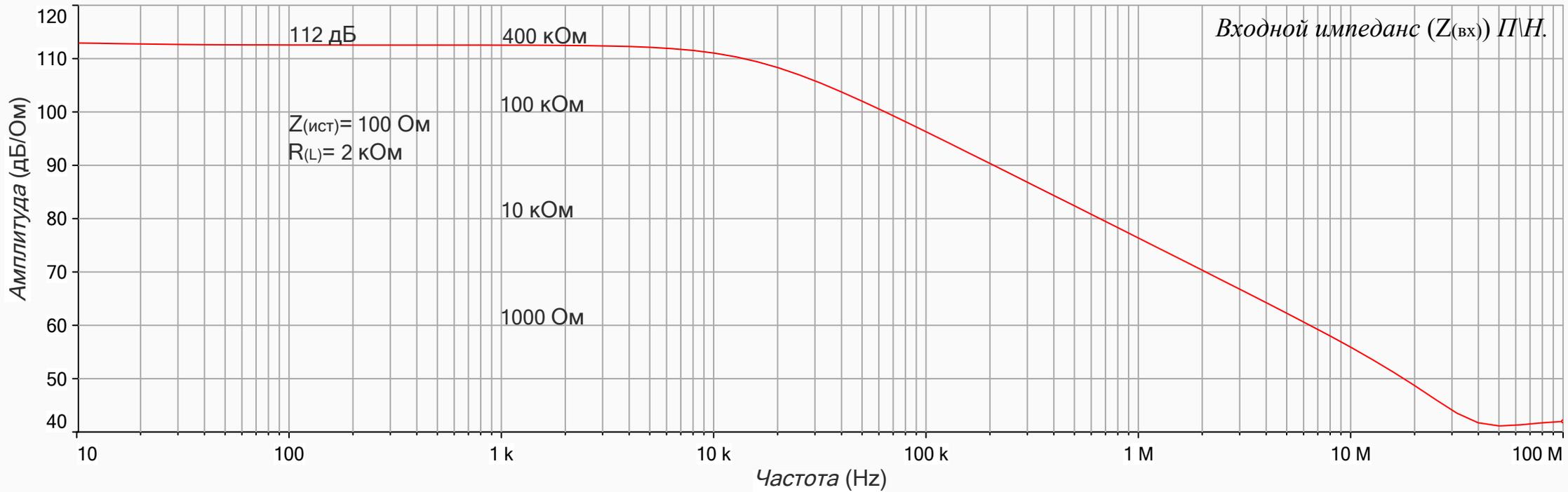
$R_{(L)} = 2 \text{ кОм}$

F(-3дБ)



Buffer TZ22

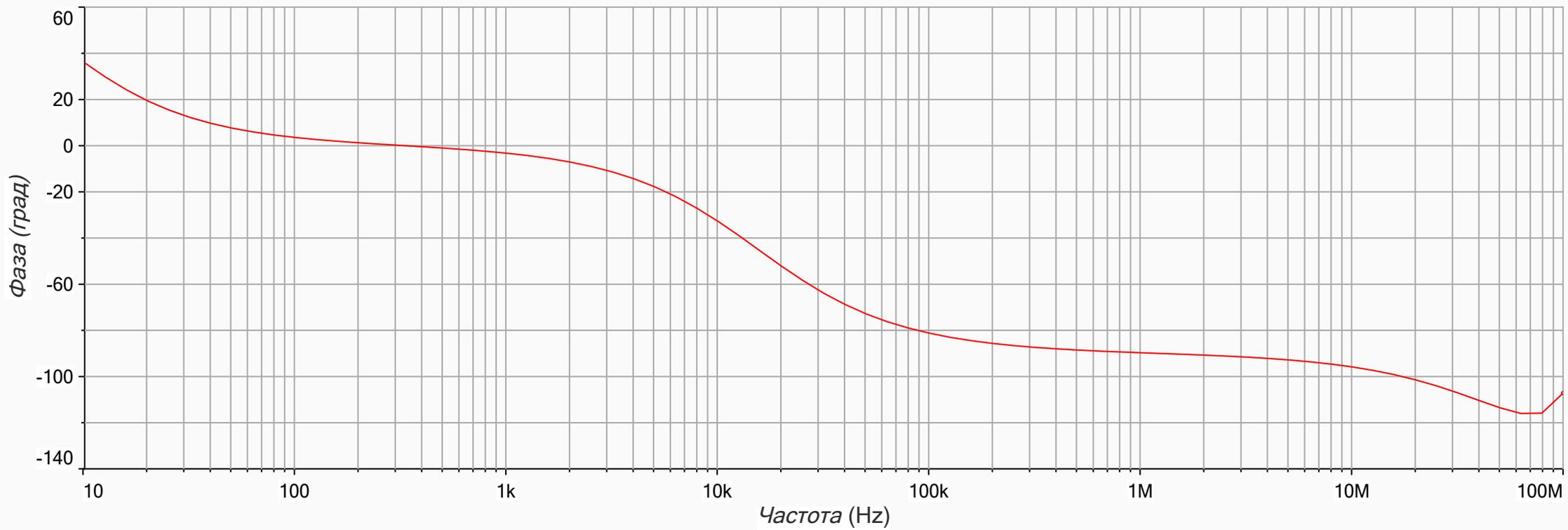
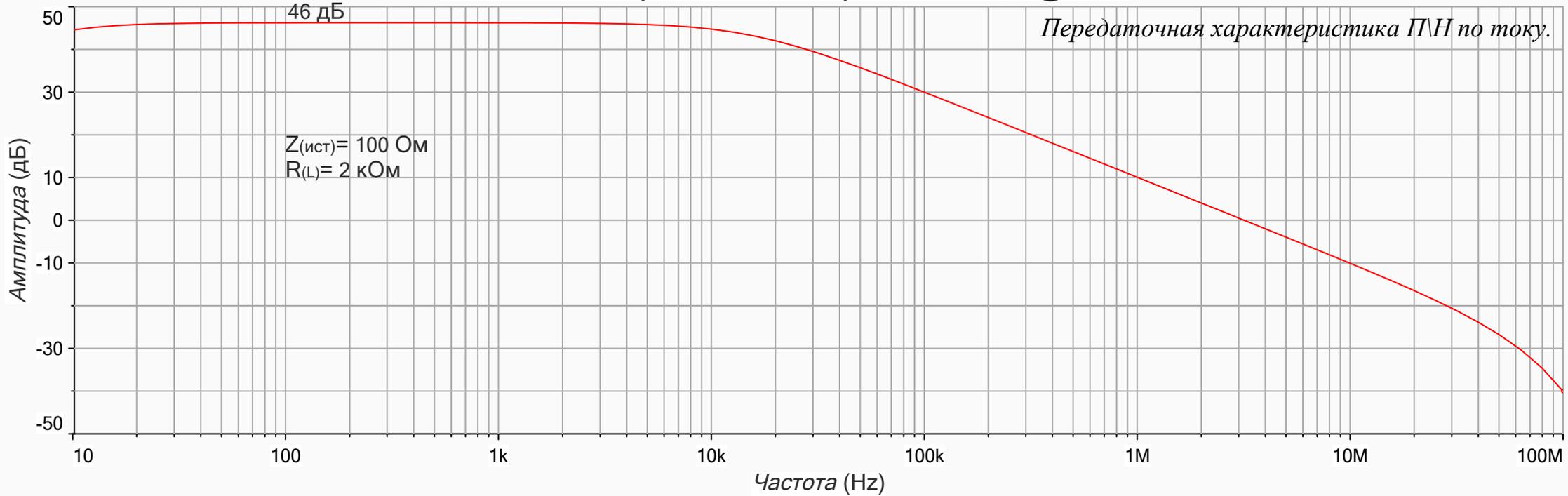
Анализ АС $Z_{(вх)}$ ПН



Buffer TZ22

Анализ АС передаточная хар-ка ПН $I_{(ВХ)}@I_{(ВЫХ)}$

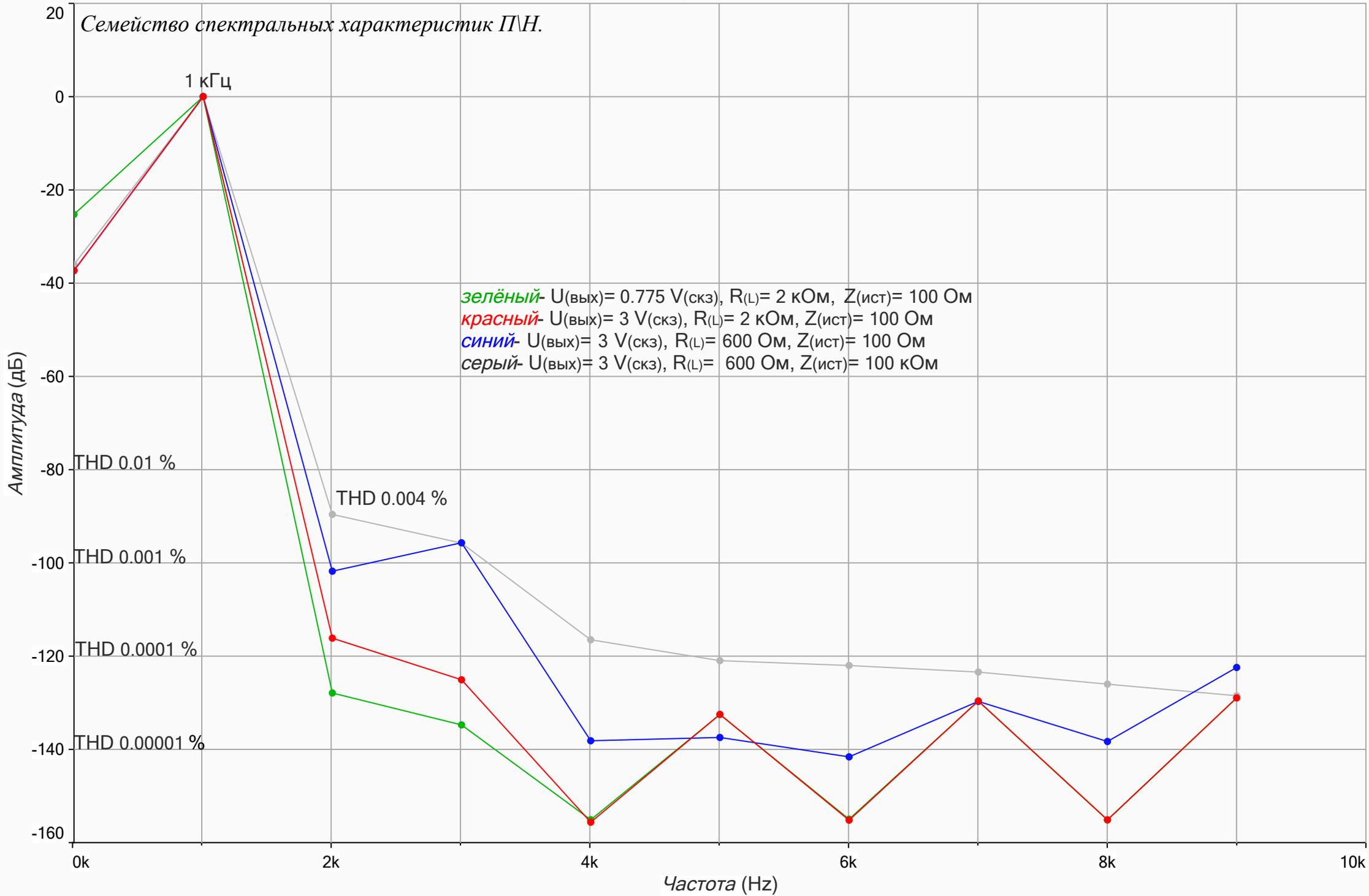
Передаточная характеристика ПН по току.



Buffer TZ22

Анализ Фурье F= 1 кГц

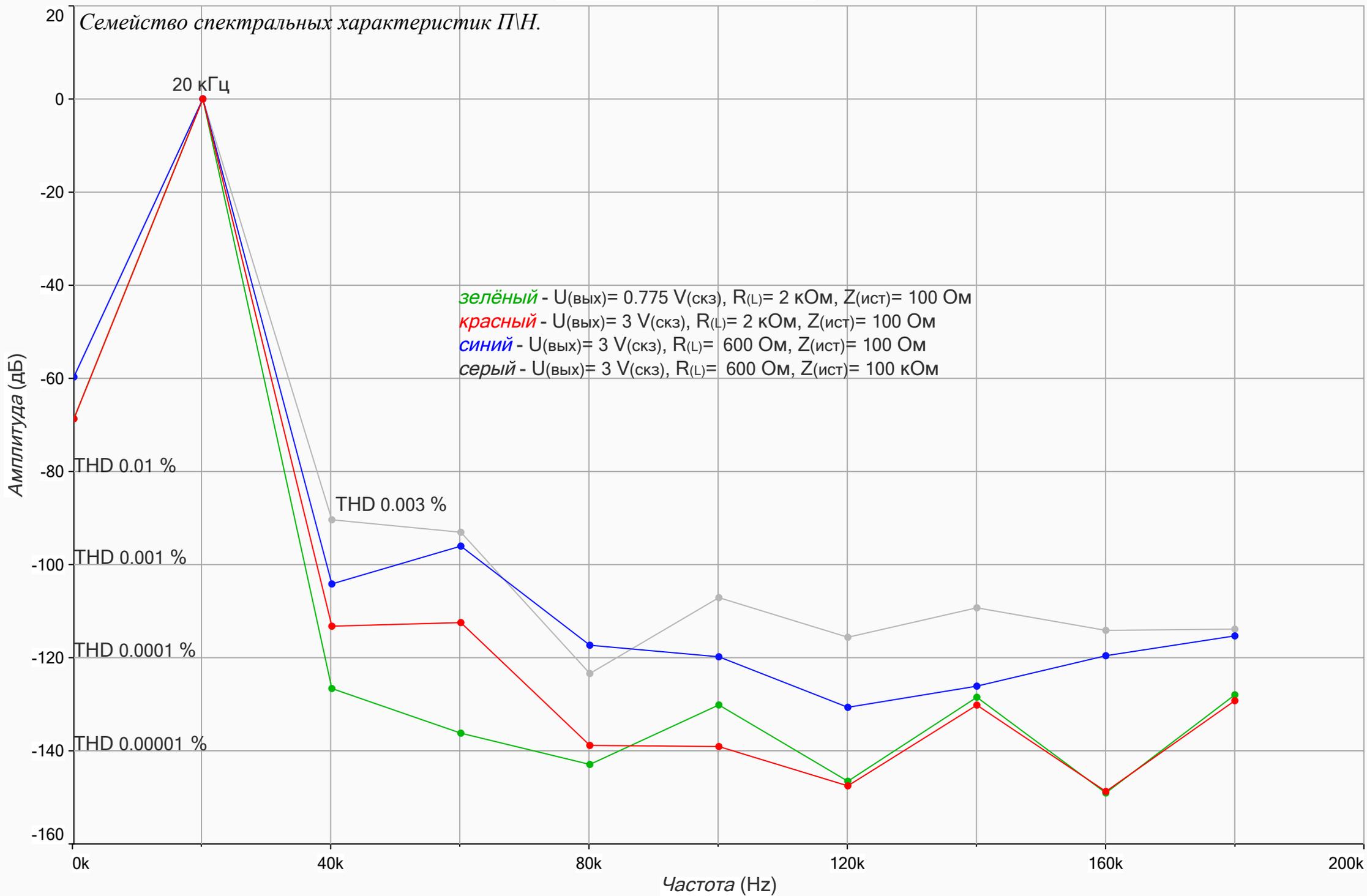
Семейство спектральных характеристик ПН.



Buffer TZ22

Анализ Фурье F= 20 кГц

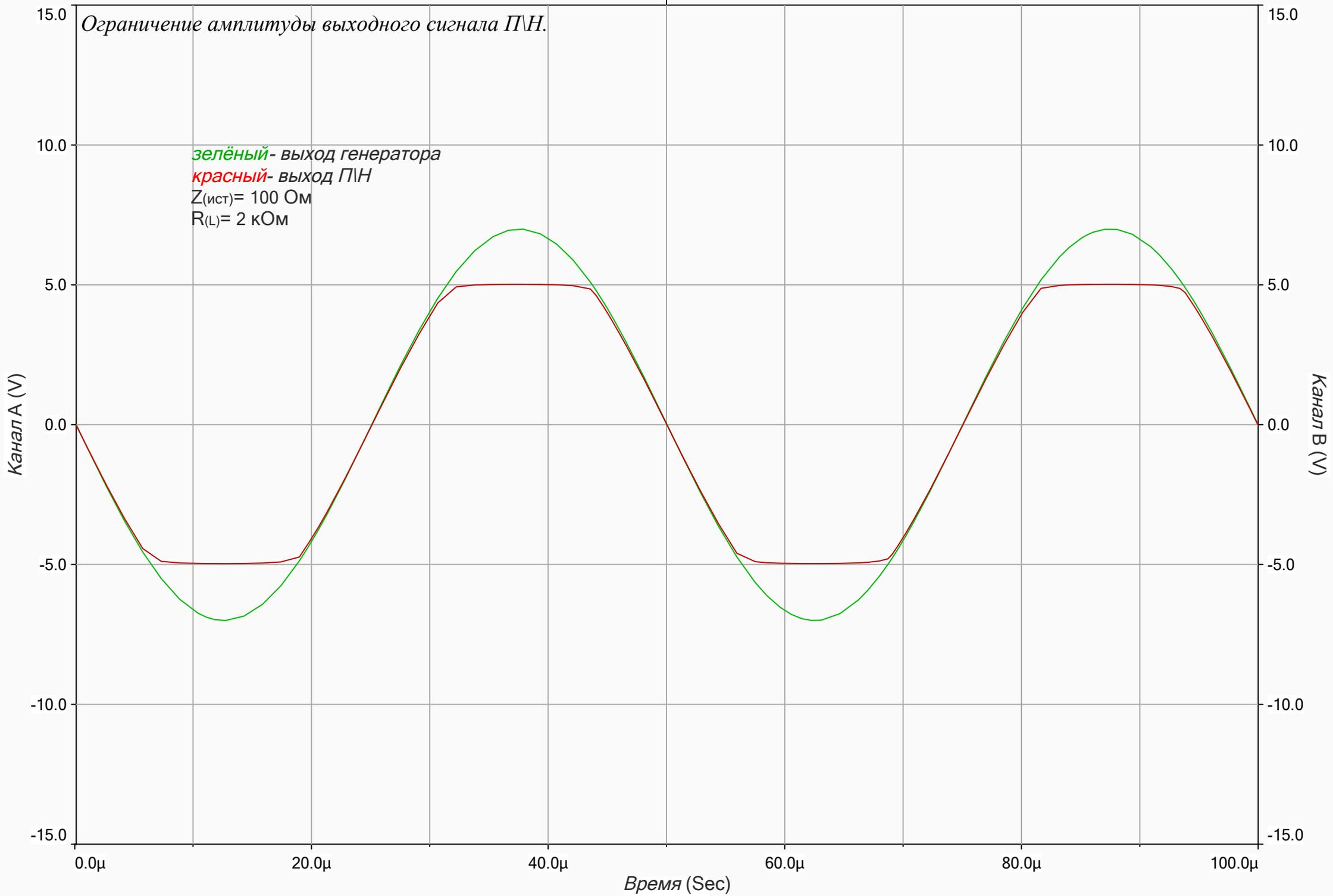
Семейство спектральных характеристик ПН.



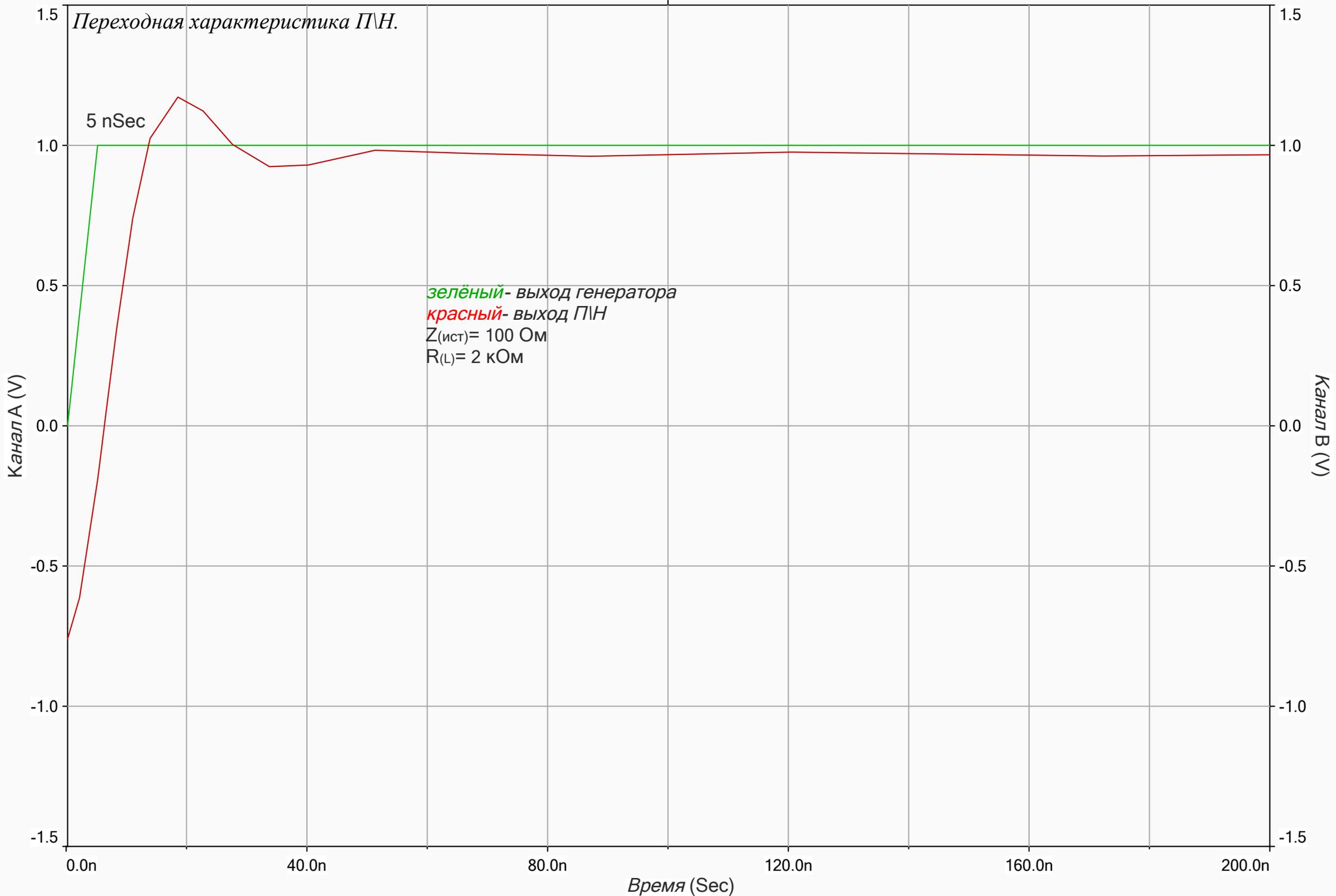
Buffer TZ22 ограничитель амплитуды F= 20 кГц

Ограничение амплитуды выходного сигнала ПН.

зелёный- выход генератора
красный- выход ПН
 $Z_{(ист)} = 100 \text{ Ом}$
 $R_{(L)} = 2 \text{ кОм}$

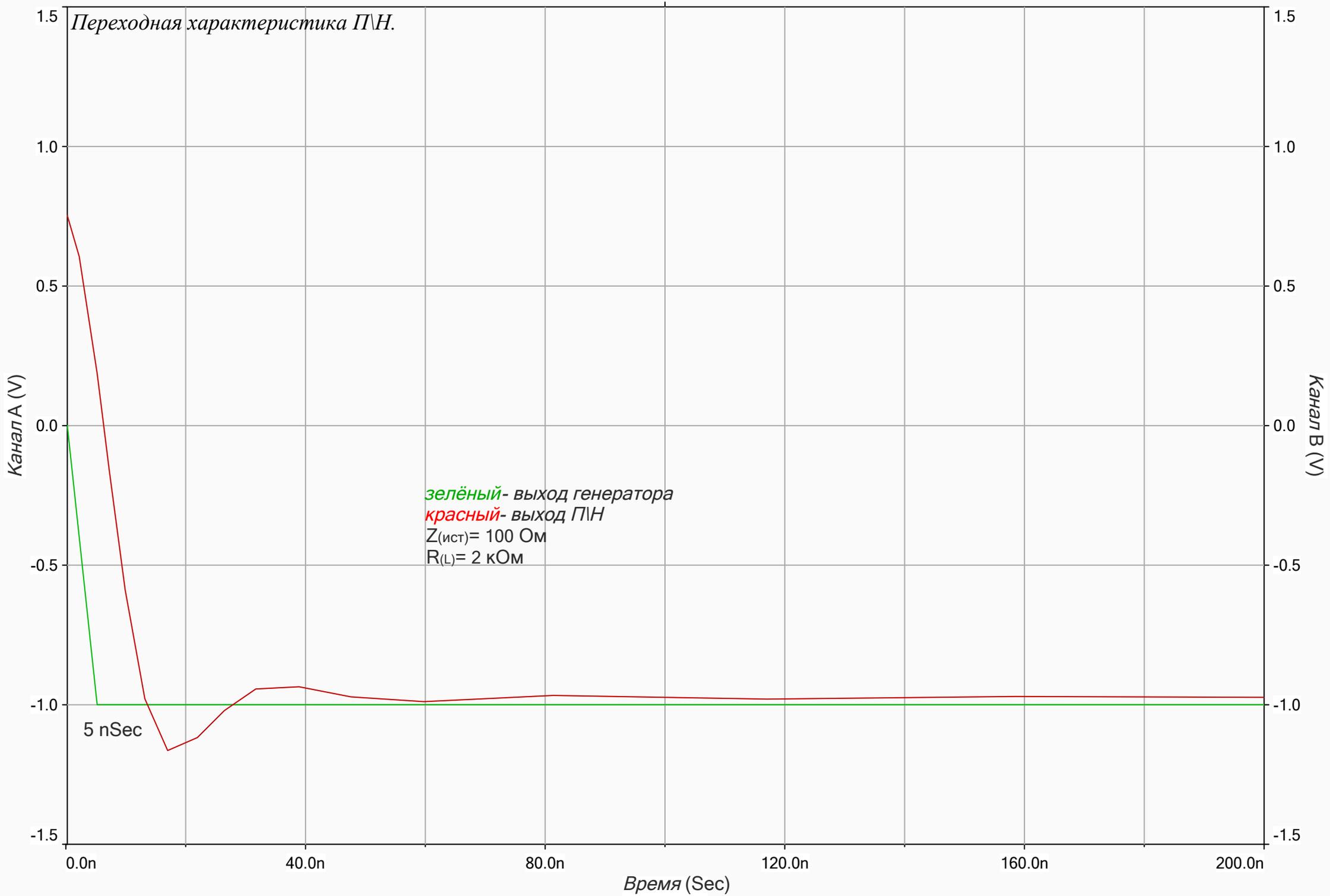


Buffer TZ22 П\Х F= 20 кГц меандр «+»



Buffer TZ22 П\Х F= 20 кГц меандр «-»

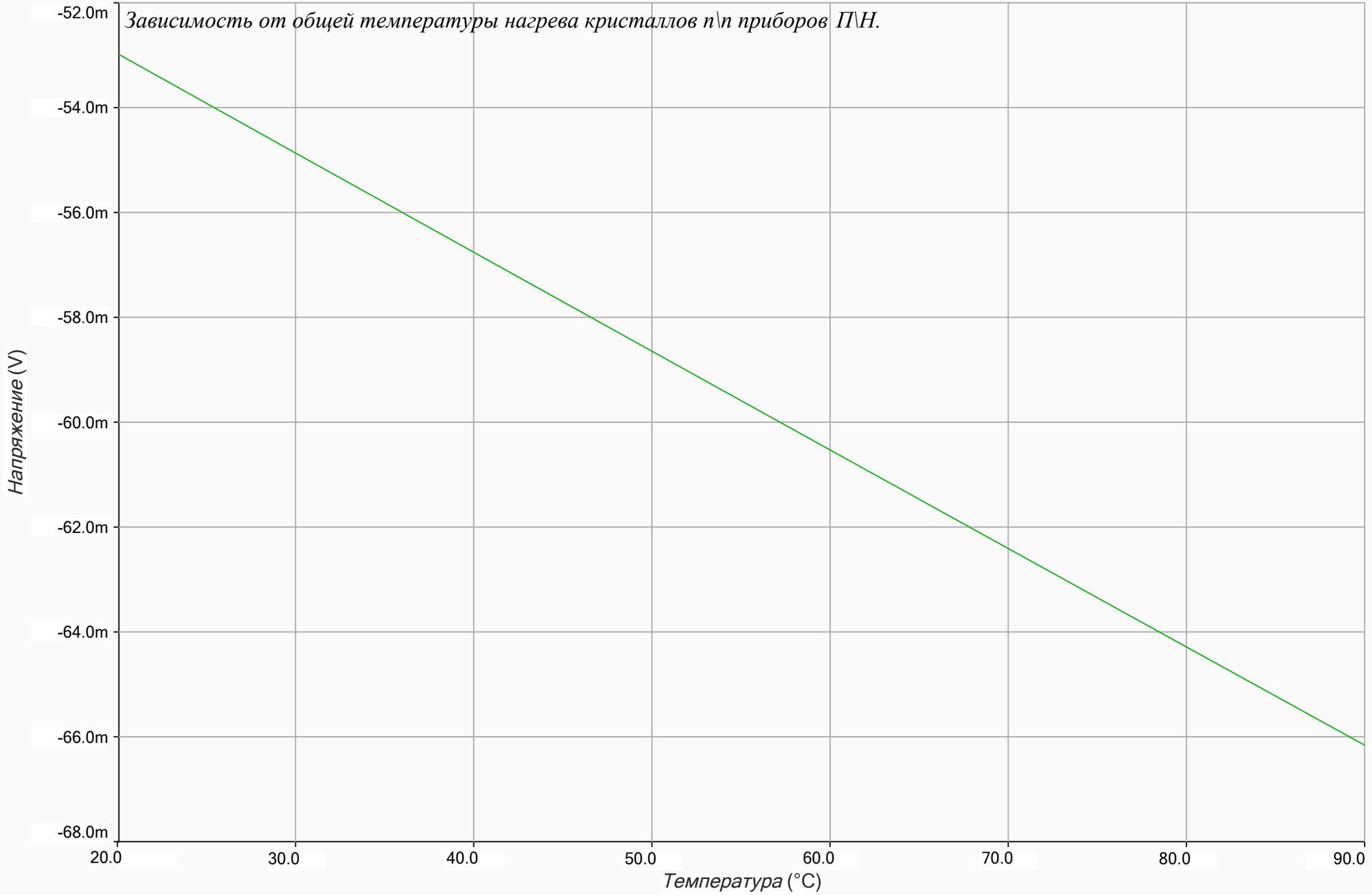
Переходная характеристика П\Н.



Buffer TZ22

Дрейф напряжения выход ПН $\Delta U @ \Delta T$

Зависимость от общей температуры нагрева кристаллов n\p приборов ПН.



Buffer TZ22

Анализ АС PSRR ПИН

Ослабление синфазной помехи напряжения по цепям питания ПИН.

