

Входные данные

$E_k, В$	В	Is	$R_1, кОм$	$R_2, кОм$	$R_k, R_э, кОм$	$R_г, кОм$
9	80	Si	18	12	2	2

$C_{бэ}, пF$	$C_{бк}, пF$	$f\alpha$	$C_1, C_2, \mu F$	$C_{блок}, \mu F$	$R_H, кОм$
10	30	100	1	200	10

Часть 1 - Общий эмиттер

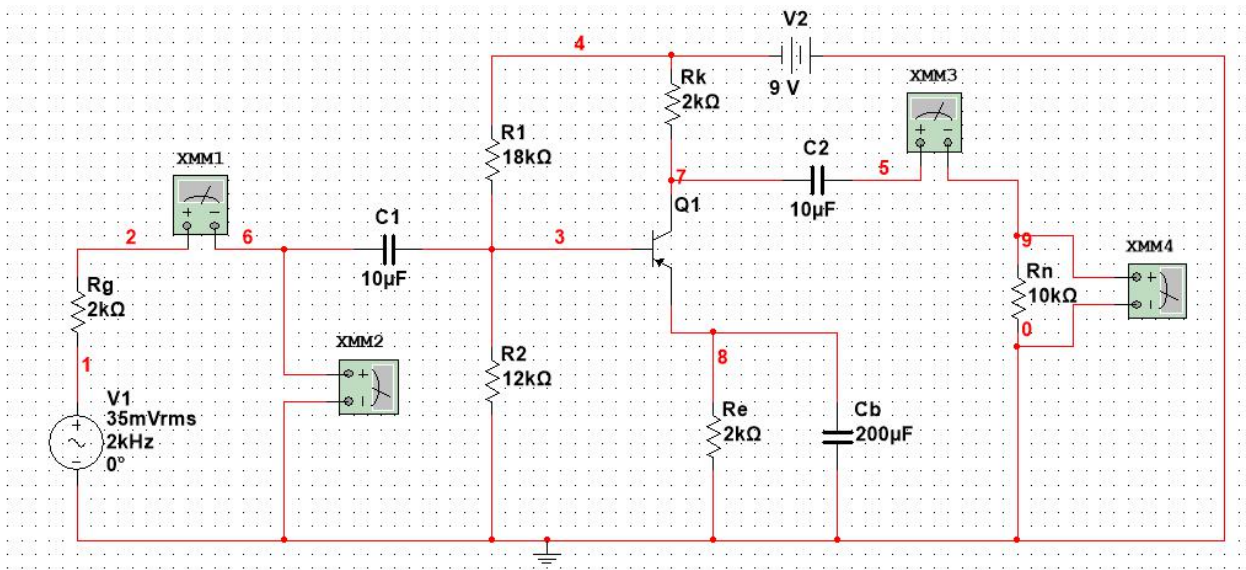


Рисунок 1.1 – Схема с общим эмиттером

Снятие значений параметров схемы:

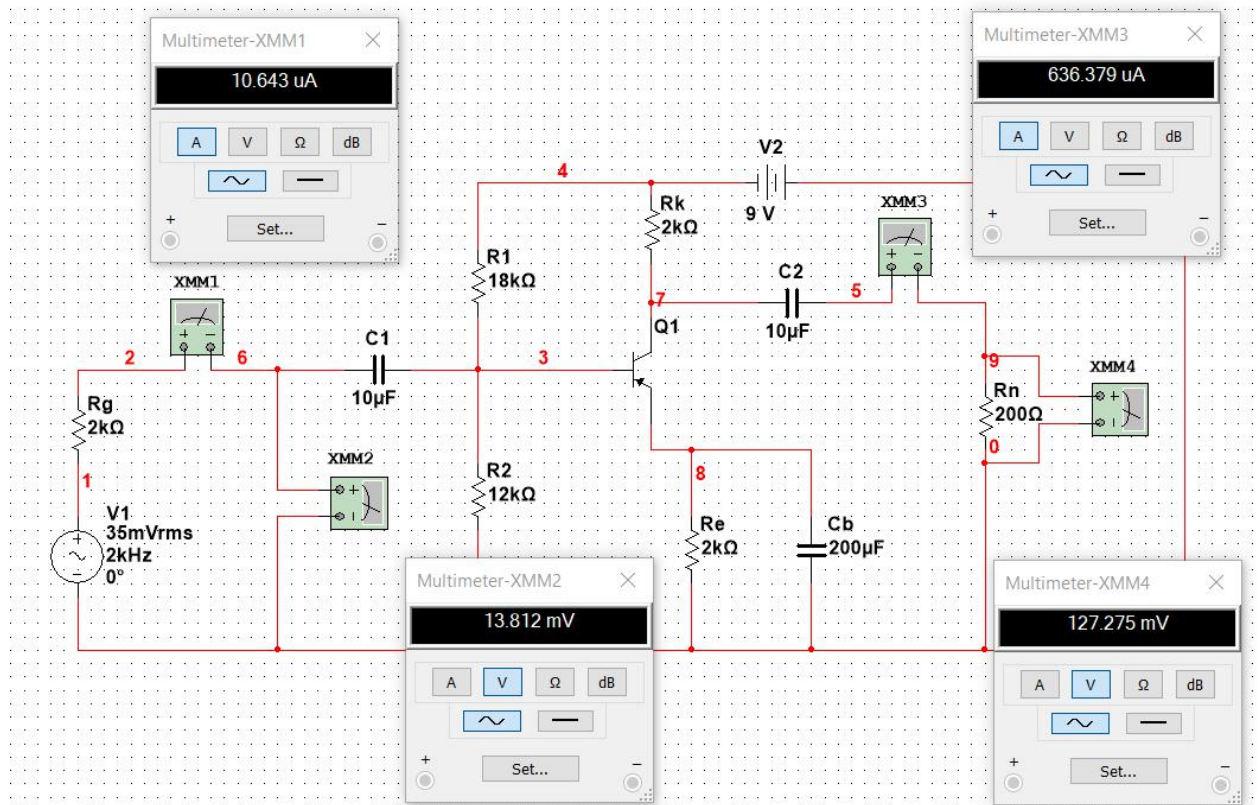


Рисунок 1.2 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 200 \text{ (Ом)}$

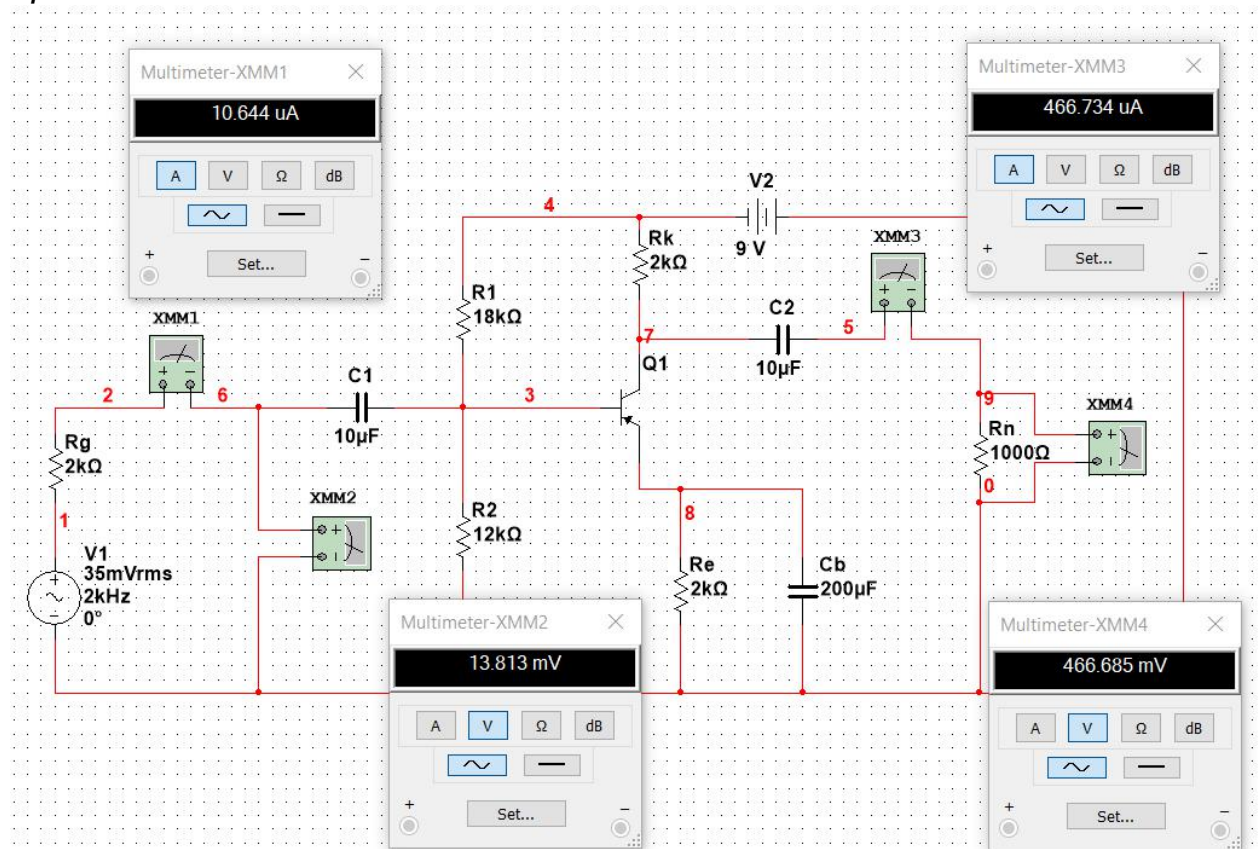


Рисунок 1.3 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 1000 \text{ (Ом)}$

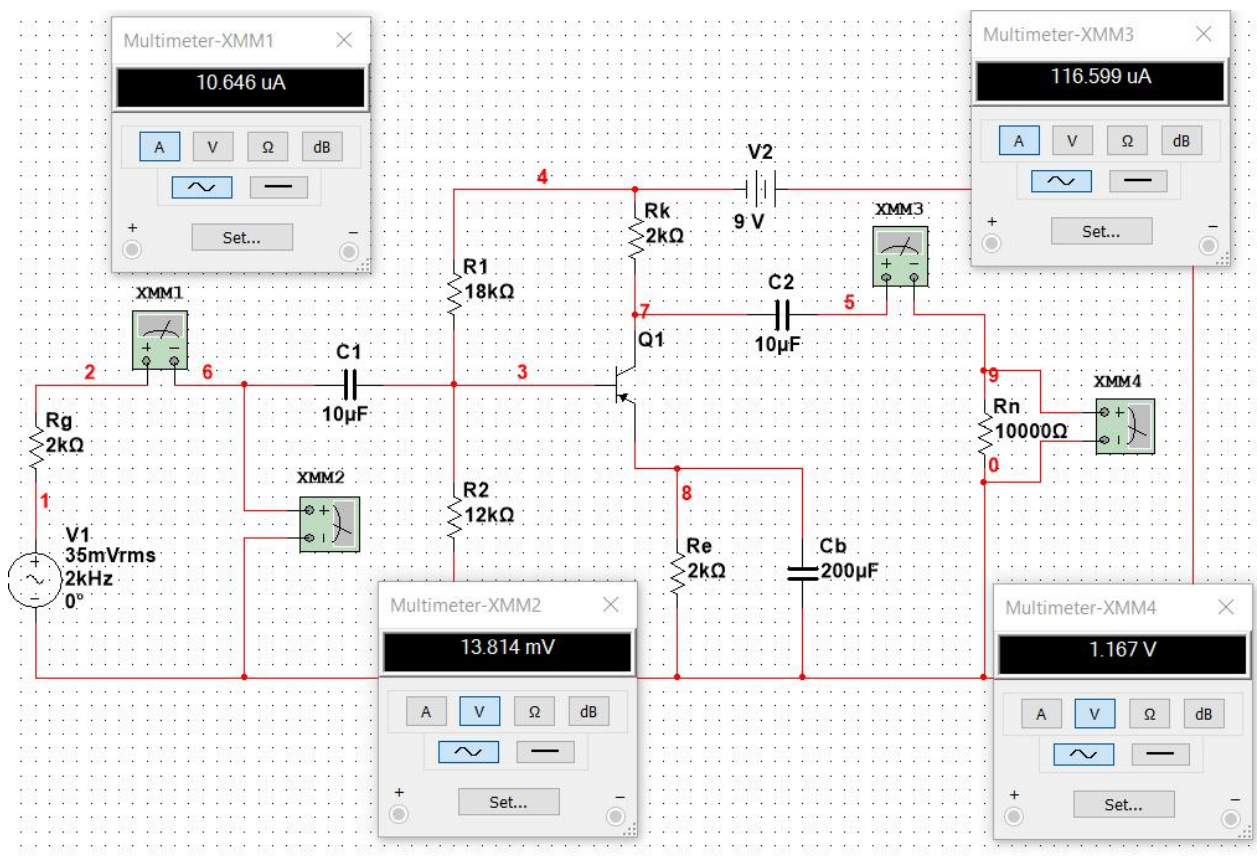


Рисунок 1.4 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 10000$ (Ом)

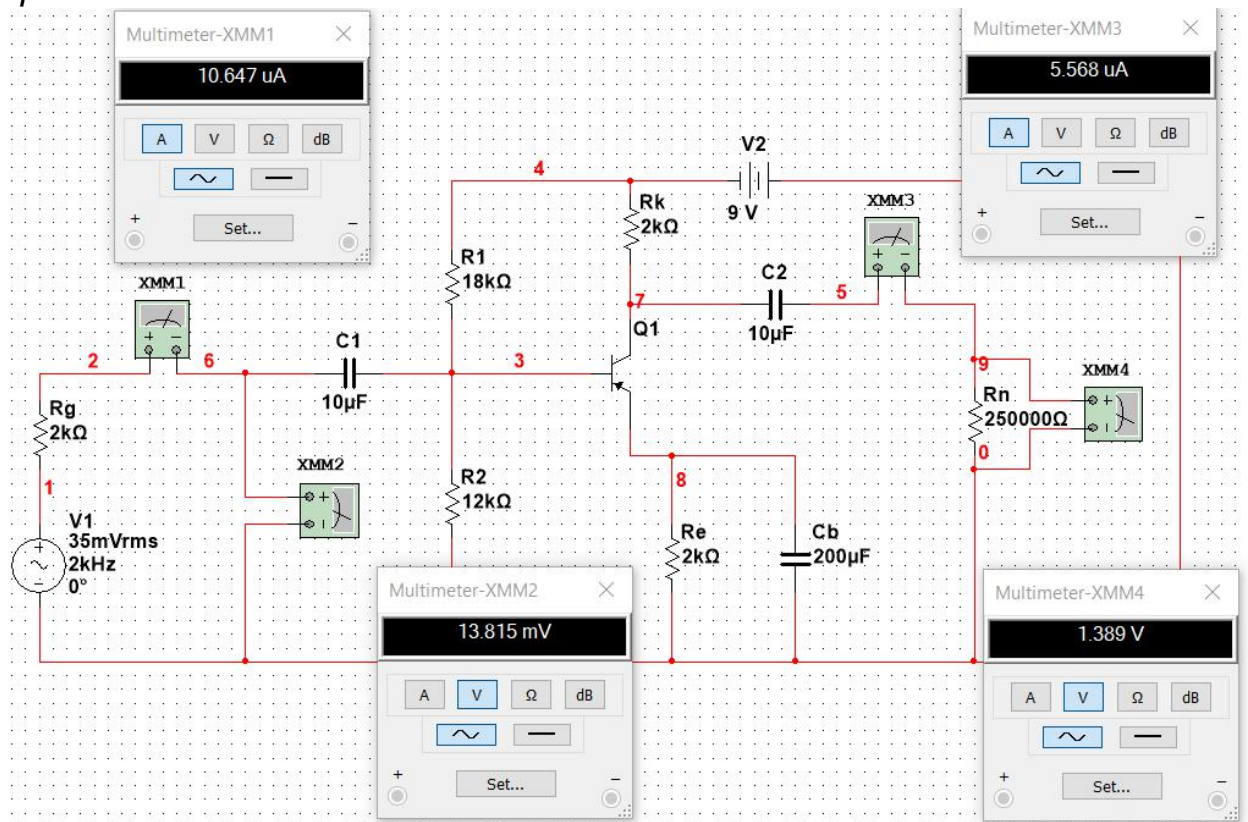


Рисунок 1.5 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 250000$ (Ом)

R_n	U_{BX}	I_{BX}	U_{BbX}	I_{BbX}	R_{BX}	K_i	K_u	K_p
200	1,38E-02	1,0643E-05	1,27E-01	6,36E-04	1297,75	59,79	9,22	551,26
1000	1,38E-02	1,0644E-05	4,67E-01	4,67E-04	1297,73	43,85	33,79	1481,69
10000	1,38E-02	1,0646E-05	1,167	1,17E-04	1297,58	10,95	84,48	925,06
250000	1,38E-02	1,0647E-05	1,389	5,57E-06	1297,55	0,52	100,54	52,28

Выходное сопротивление $R_{BbX} = \frac{U_{xx}}{I_{xs}} = \frac{1,4}{7 \cdot 10^{-4}} = 2000(\Omega)$

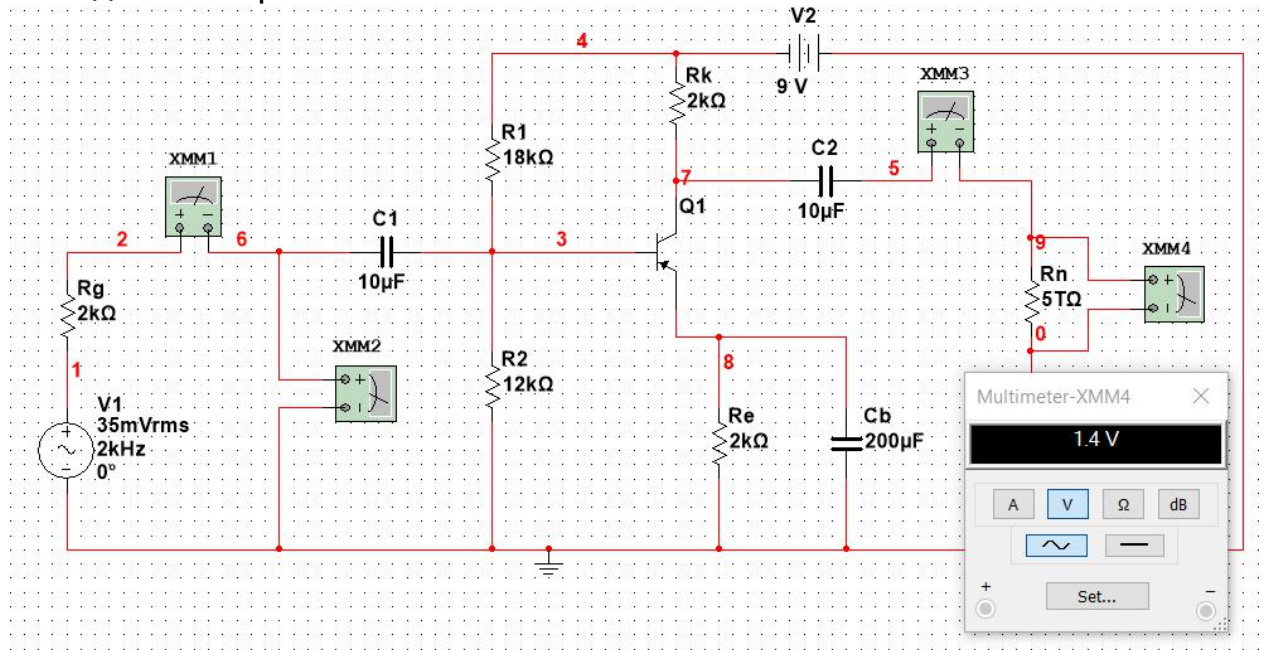


Рисунок 1.6 – Снятие значения напряжения холостого хода

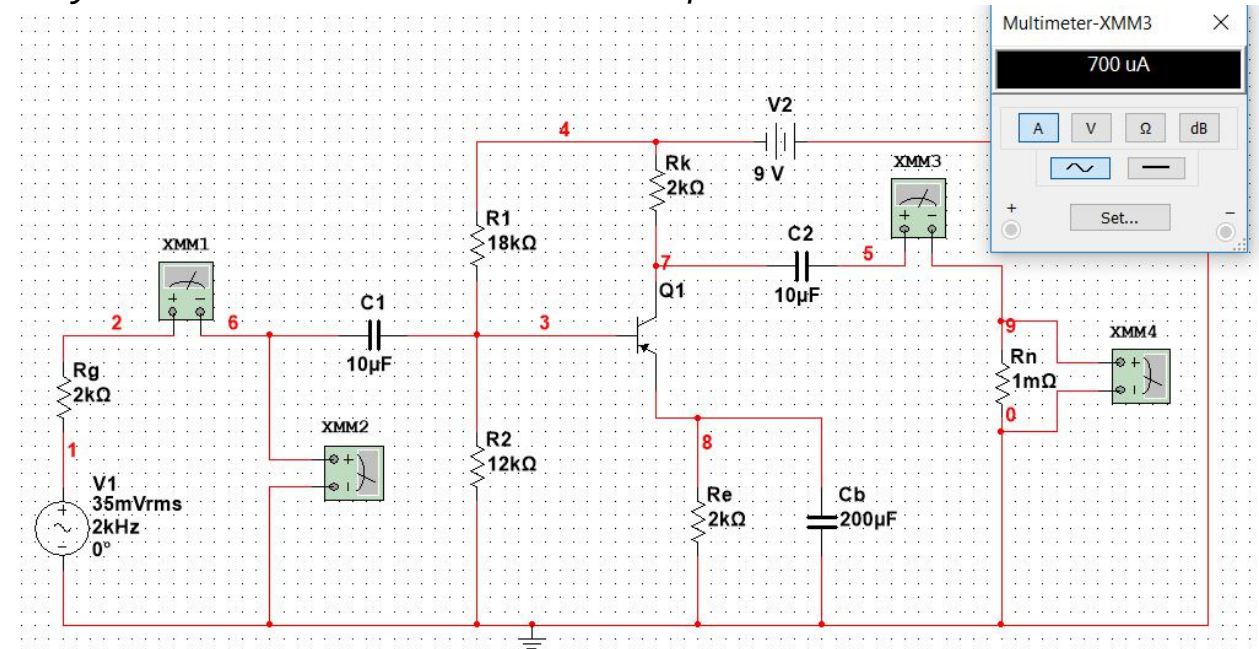


Рисунок 1.7 – Снятие значения тока короткого замыкания

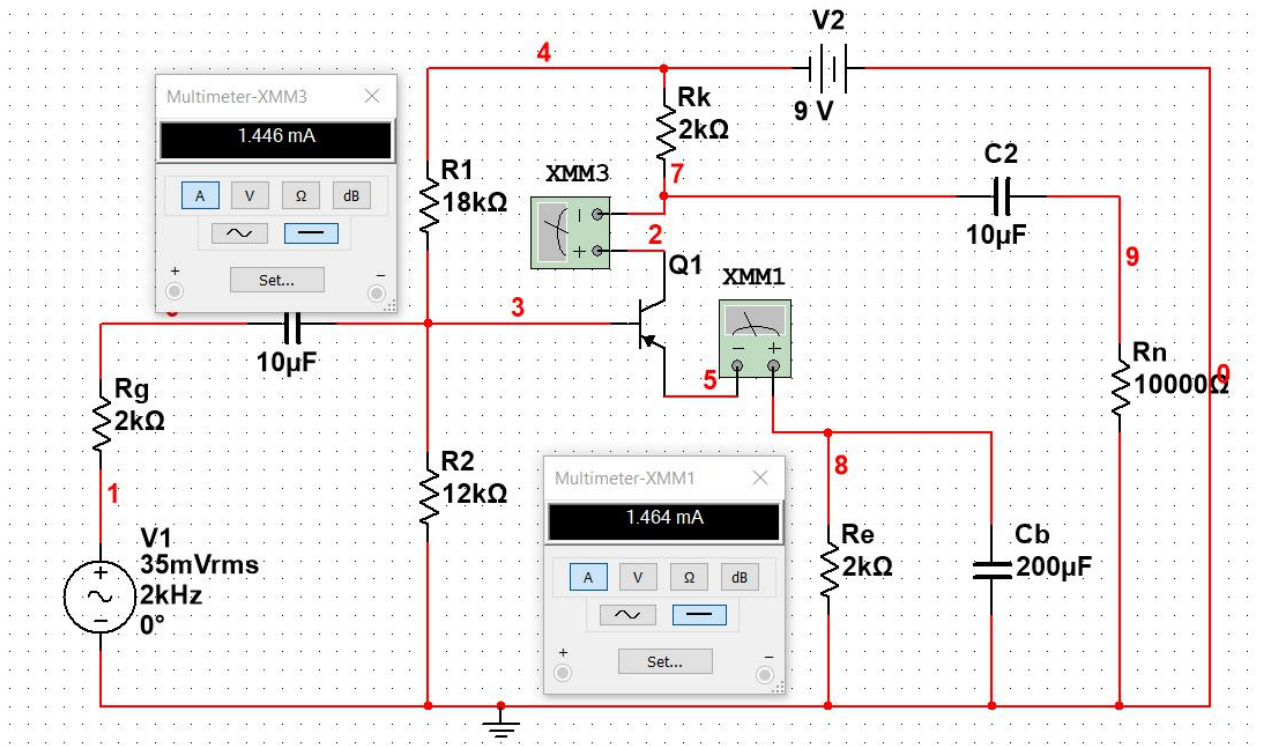


Рисунок 1.8 – Снятие значения тока на эмиттере и на коллекторе

Аналитический расчёт

Сопротивление базы: $R_6 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{18 \cdot 12 \cdot 10^6}{(18 + 12) \cdot 10^3} = 7200 \text{ (Ом)}$

$$I_{\text{эм}} = 1,464 \cdot 10^{-3} \text{ (A)}$$

$$I_{\text{к}} = 1,446 \cdot 10^{-3} \text{ (A)}$$

$$\alpha = \frac{B}{B + 1} = \frac{80}{80 + 1} = 0,987654$$

$$\alpha = \frac{I_{\text{к}}}{I_{\text{эм}}} = \frac{1,446 \cdot 10^{-3}}{1,464 \cdot 10^{-3}} = 0,987705$$

$$r_{\text{эм}} = \frac{\varphi}{I_{\text{эм}}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-2}}{1,464 \cdot 10^{-3}} = 17,76 \text{ (Ом)}$$

$$R_{\text{вх_тп_оэ}} = (1 + B) \cdot r_{\text{эм}} = (1 + 80) \cdot 17,76 = 1438,56 \text{ (Ом)}$$

$$\text{Аналитически: } R_{\text{вх}} = \frac{R_{\text{вх_тп_оэ}} \cdot R_6}{R_{\text{вх_тп_оэ}} + R_6} = \frac{1438,56 \cdot 7200}{1438,56 + 7200} = 1256,99 \text{ (Ом)}$$

$$\text{Графически: } R_{\text{вх}} = 1297,75$$

R_n	R_{BX}	$R_{БЫХ}$	K_i	K_u	K_p	Δk_i	Δk_u	Δk_p	$\sigma k_i, \%$	$\sigma k_u, \%$	$\sigma k_p, \%$
200	1298	1257	60,62	8,29	502,54	0,83	0,93	48,72	0,0137	0,1122	0,0969
1000			44,45	34,78	1545,97	0,6	0,99	64,28	0,0135	0,0285	0,0416
10000			11,11	83,91	932,24	0,16	0,57	7,18	0,0144	0,0068	0,0077
250000			0,53	100,76	53,4	0,01	0,22	1,12	0,0189	0,0022	0,021

$$\tau_\beta = \frac{B+1}{2\pi * f_\alpha} = \frac{80+1}{2\pi * 10^8} = 1,298 * 10^{-7} \text{ (сек)}$$

$$R_{kn} = \frac{R_k * R_n}{R_k + R_n} = \frac{10000 * 2000}{12000} = 1666,667 \text{ (Ом)}$$

$$R'_r = \frac{R_r * R_6}{R_r + R_6} = \frac{2000 * 7200}{2000 + 7200} = 1565,22 \text{ (Ом)}$$

$$G = \frac{R'_r + r_3}{R'_r + R_{BX,TP,03}} = \frac{1565,22 + 17,76}{1565,22 + 1438,56} = 0,527$$

$$C_{кз} = C_{6к} * (B+1) = 3 * 10^{-11} * (80+1) = 2,43 * 10^{-9} \text{ (Ф)}$$

$$\tau_B = G * (\tau_\beta + C_{кз} * R_{KH}) = 0,527 * (1,298 * 10^{-7} + 2,43 * 10^{-9} * 1666,667) = 2,77 * 10^{-7} \text{ (сек)}$$

$$f_\beta = \frac{f_\alpha}{B+1} = \frac{10^8}{80+1} = 1,234 * 10^6 \text{ (Гц)}$$

$$f_B = \frac{1}{2\pi * \tau_B} = \frac{1}{2\pi * 2,77 * 10^{-7}} = 1,746 * 10^5 \text{ (Гц)}$$

$$U_{max} = 34,812 \text{ (В)}$$

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 24,564 \text{ (В)}$$

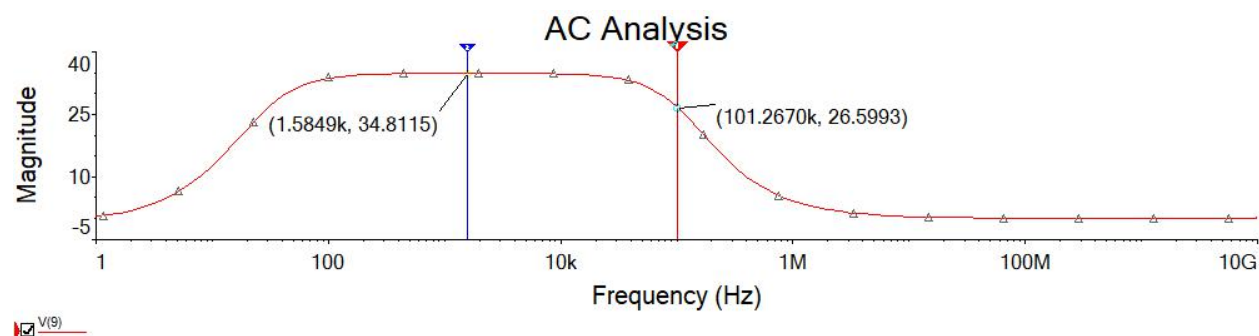


Рисунок 1.9 – график АЧХ

Граничная частота $f_B = 1,013 * 10^5 \text{ (Гц)}$

Часть 2 - Общая база

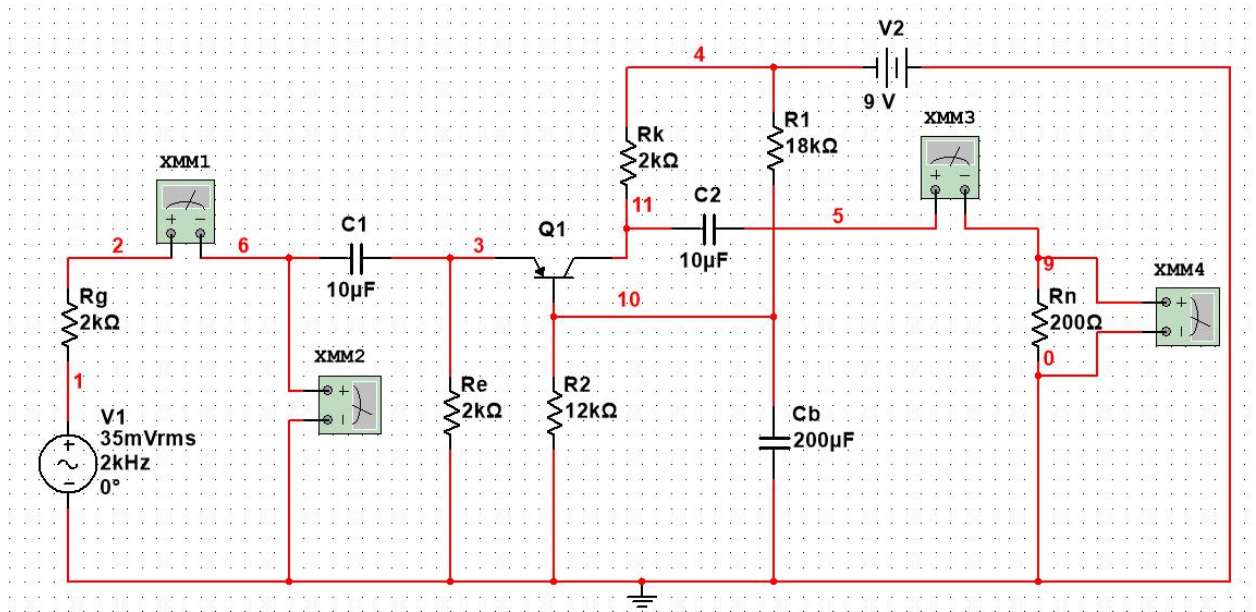


Рисунок 2.1 – Схема с общей базой

Снятие значений параметров схемы:

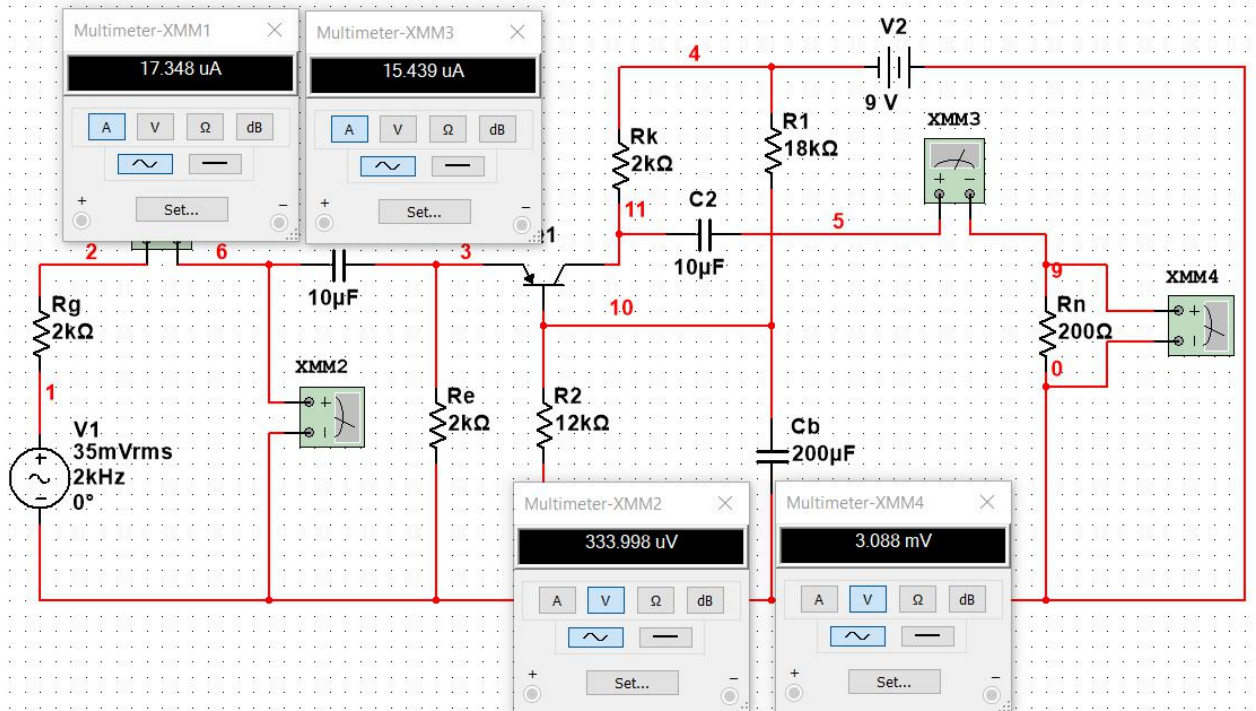


Рисунок 2.2 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 200$ (Ом)

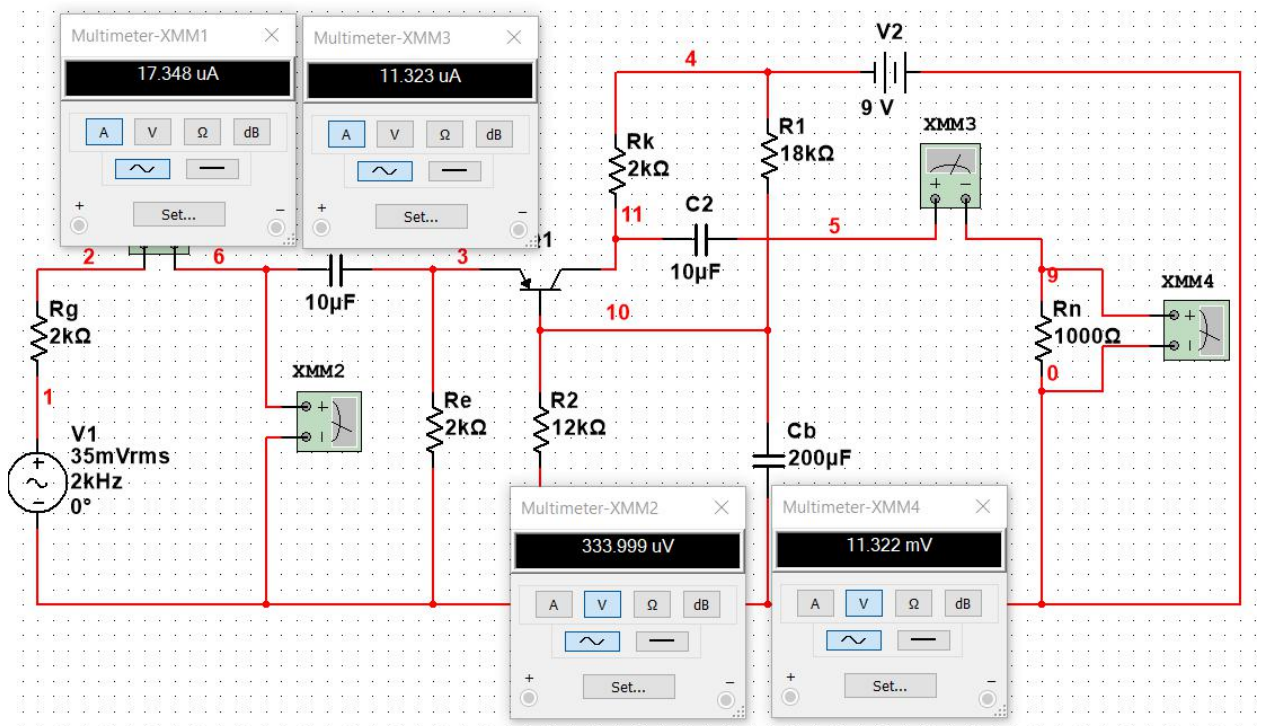


Рисунок 2.3 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 1000 (\Omega)$

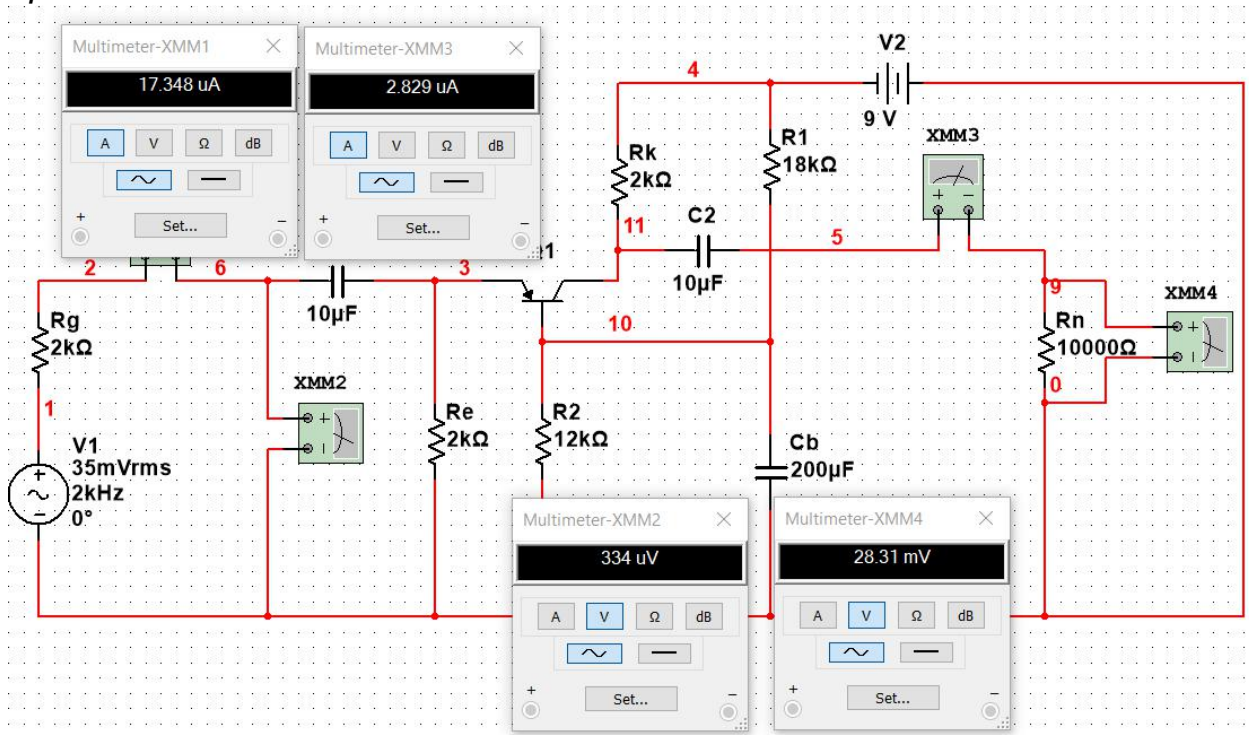


Рисунок 2.4 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 10000 (\Omega)$

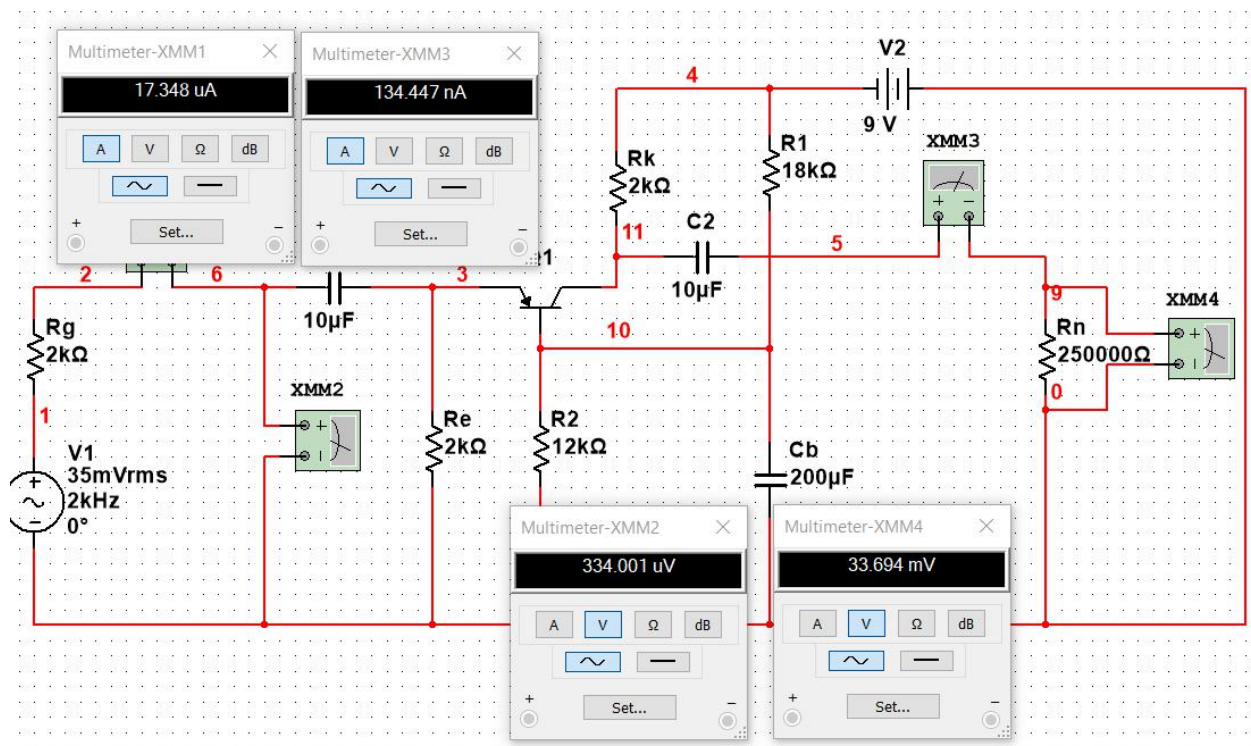


Рисунок 2.5 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 250000 \text{ (Ом)}$

R_n	U_{BX}	I_{BX}	$U_{ВЫХ}$	$I_{ВЫХ}$	R_{BX}	K_i	K_u	K_p
200	3,34E-04	1,73E-05	3,09E-03	1,54E-05	19,31	0,89	9,25	8,23
1000	3,34E-04	1,74E-05	1,13E-02	1,13E-05	19,25	0,65	33,89	22,03
10000	3,34E-04	1,74E-05	2,83E-02	2,83E-06	19,25	0,16	84,76	13,56
250000	3,34E-04	1,74E-05	3,37E-02	1,34E-07	19,25	0,01	100,87	1,01

Выходное сопротивление $R_{ВЫХ} = \frac{U_{XX}}{I_{K3}} = \frac{33,96 \cdot 10^{-3}}{16,98 \cdot 10^{-6}} = 2000 \text{ (Ом)}$

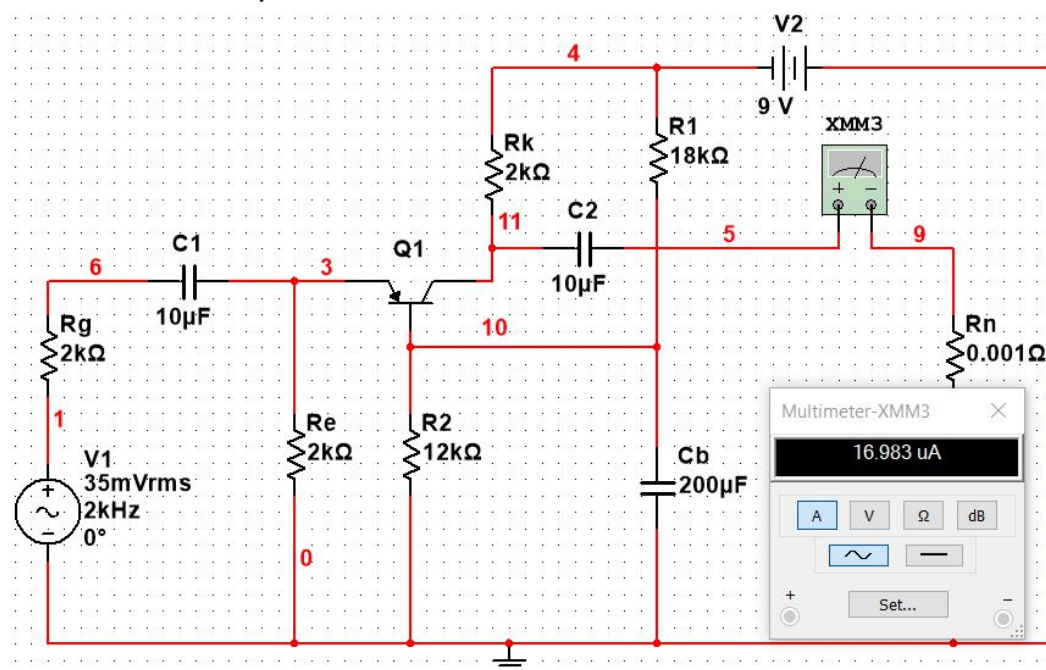


Рисунок 2.6 – Снятие значения напряжения холостого хода

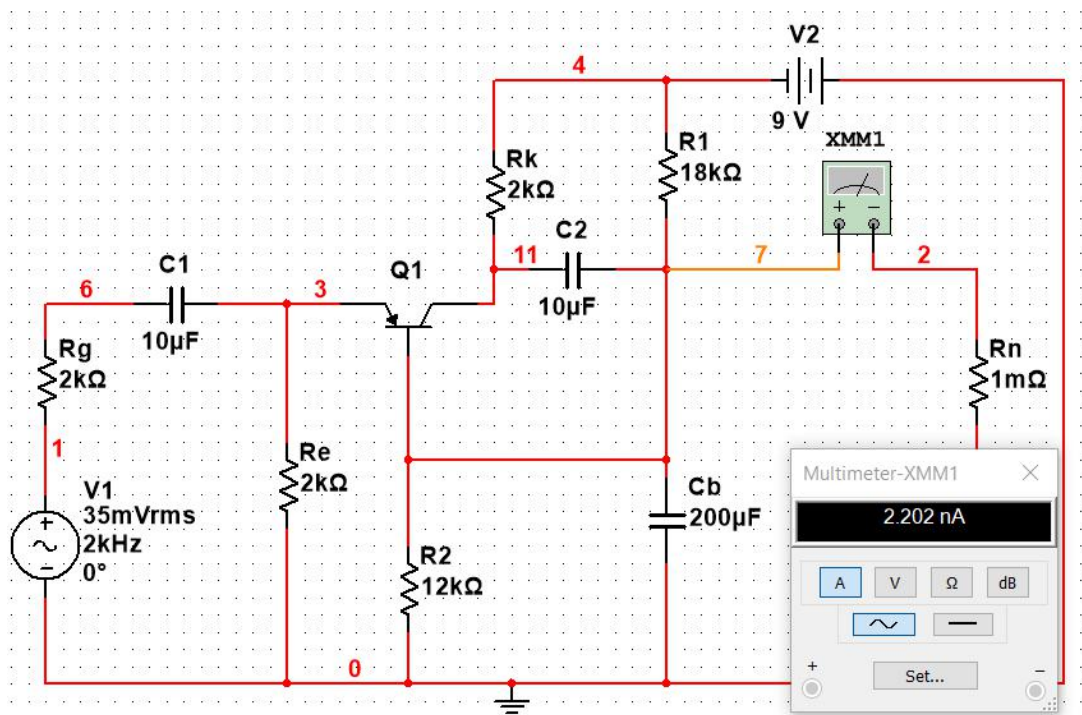


Рисунок 2.7 – Снятие значения тока короткого замыкания

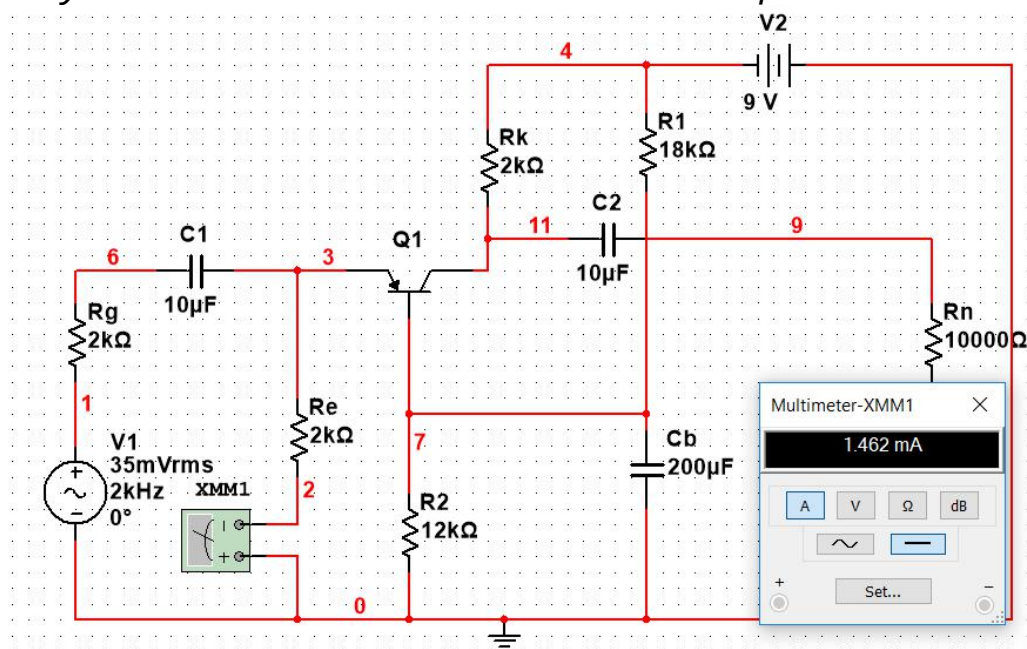


Рисунок 2.8 – Снятие значения тока эмиттере

Аналитический расчёт:

$$I_3 = 1,462 \cdot 10^{-3} \text{ (A)}$$

$$r_3 = \frac{\varphi}{I_3} = \frac{0,026}{1,462 \cdot 10^{-3}} = 17,78 \text{ (Ом)}$$

$$R_{\text{вх_тр_об}} = (1 + B) \cdot r_3 = (80 + 1) \cdot 17,78 = 1440,08 \text{ (Ом)}$$

$$R_{BX} = \frac{\frac{R_{BX_тр_об}}{B+1} * R_3}{\frac{R_{BX_тр_об}}{B+1} + R_3} = \frac{\frac{1440,08}{80+1} * 2000}{\frac{1440,08}{80+1} + 2000} = 17,622 \text{ (Ом)}$$

R_n	R_{BX}	R_{BbX}	K_i	K_u	K_p	Δk_i	Δk_u	Δk_p	$\sigma k_i, \%$	$\sigma k_u, \%$	$\sigma k_p, \%$
200	17,62	2000	0,92	8,29	8,98	0,03	0,96	0,75	0,0326	0,1158	0,0835
1000			0,78	34,78	22,73	0,13	0,89	0,7	0,1667	0,0256	0,0308
10000			0,23	83,91	15,01	0,07	0,85	1,45	0,3043	0,0101	0,0966
250000			0,03	100,7 6	1,43	0,02	0,11	0,42	0,6667	0,0011	0,2937

$f_B, \text{ Гц}$	$\tau_B, \text{ сек}$	G	$R'_r, \text{ Ом}$	$f_\beta, \text{ Гц}$	$\tau_\beta, \text{ сек}$	$C_{\kappa\beta}, \Phi$	$R_{KH}, \text{ Ом}$
4,82E+06	3,34E-08	0,0123	1565,22	1,234E+06	1,289E-07	2,43E-9	1666,67

$$U_{max} = 8,087 * 10^{-1} \text{ (В)}$$

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 5,706 * 10^{-1} \text{ (В)}$$

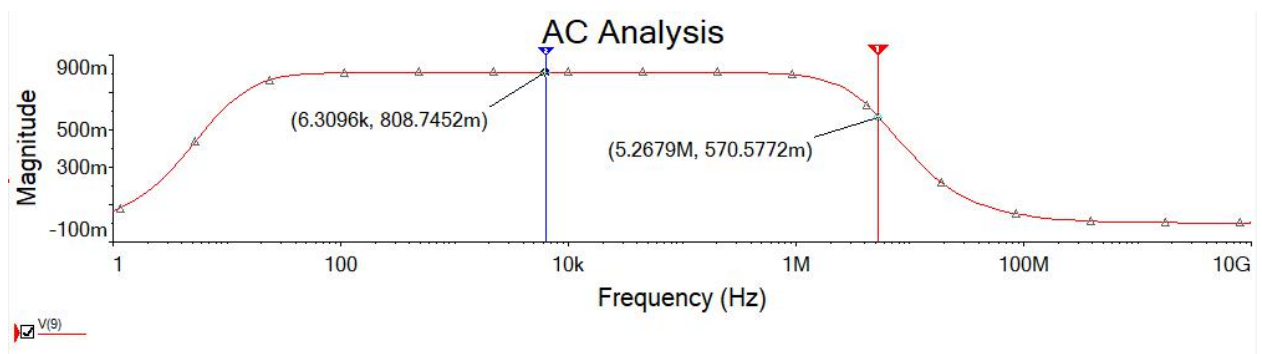


Рисунок 2.9 – график АЧХ

Граничная частота $f_B = 5,268 * 10^6 \text{ (Гц)}$

Часть 3 - Общий коллектор

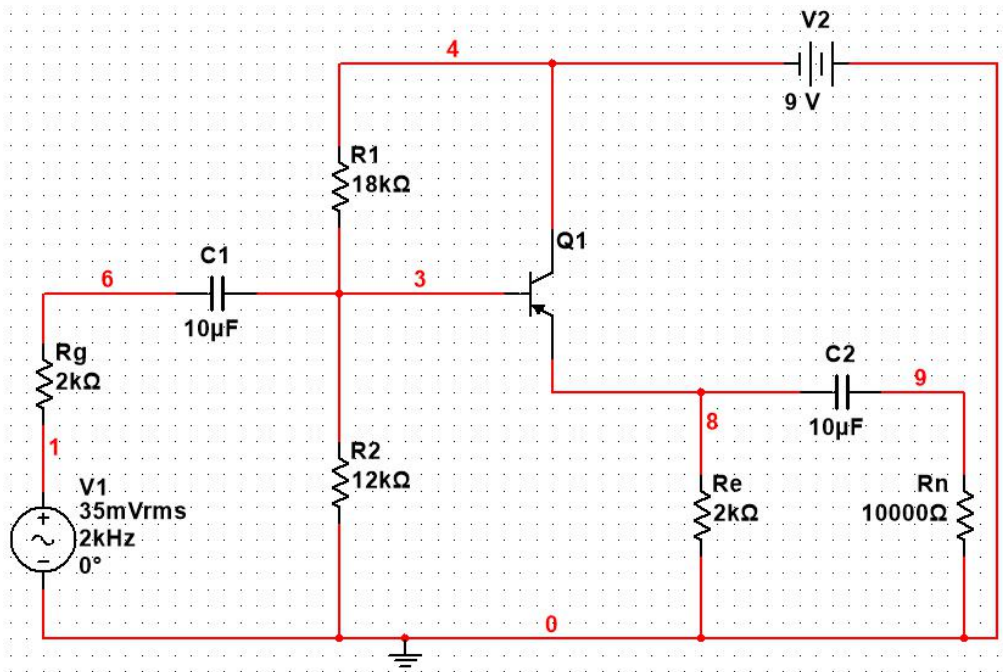


Рисунок 3.1 – Схема с общим коллектором

Снятие значений параметров схемы:

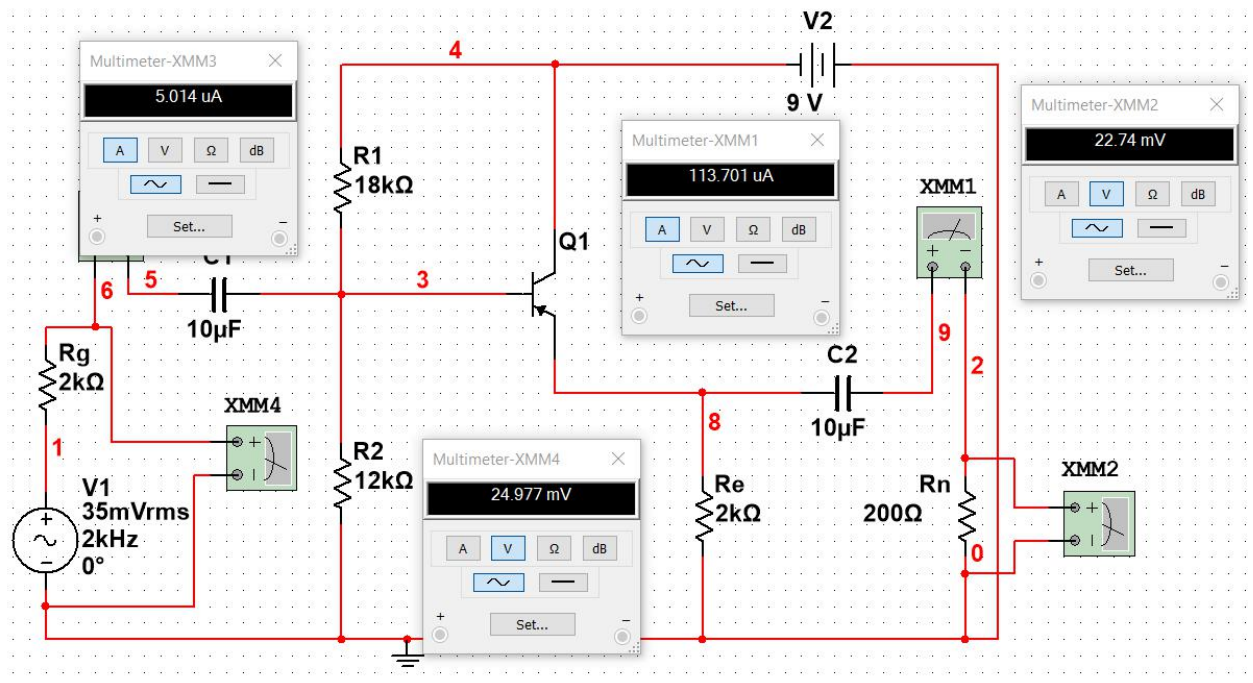


Рисунок 3.2 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 200 \text{ (Ом)}$

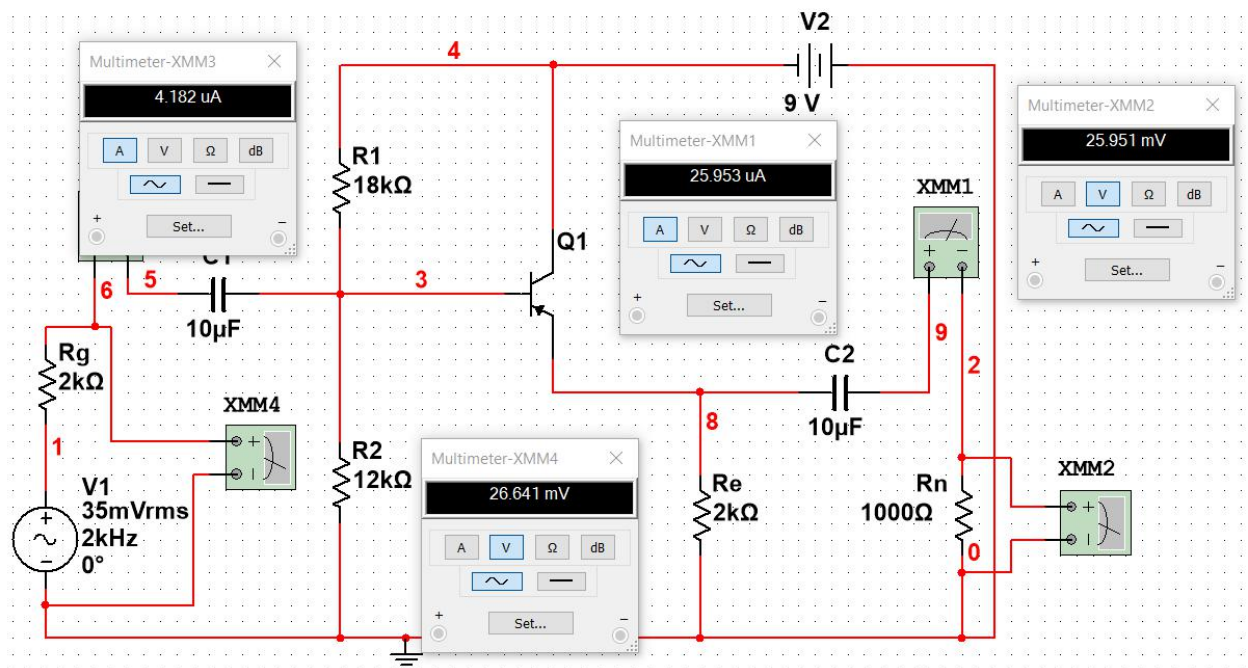


Рисунок 3.3 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 1000$ (Ом)

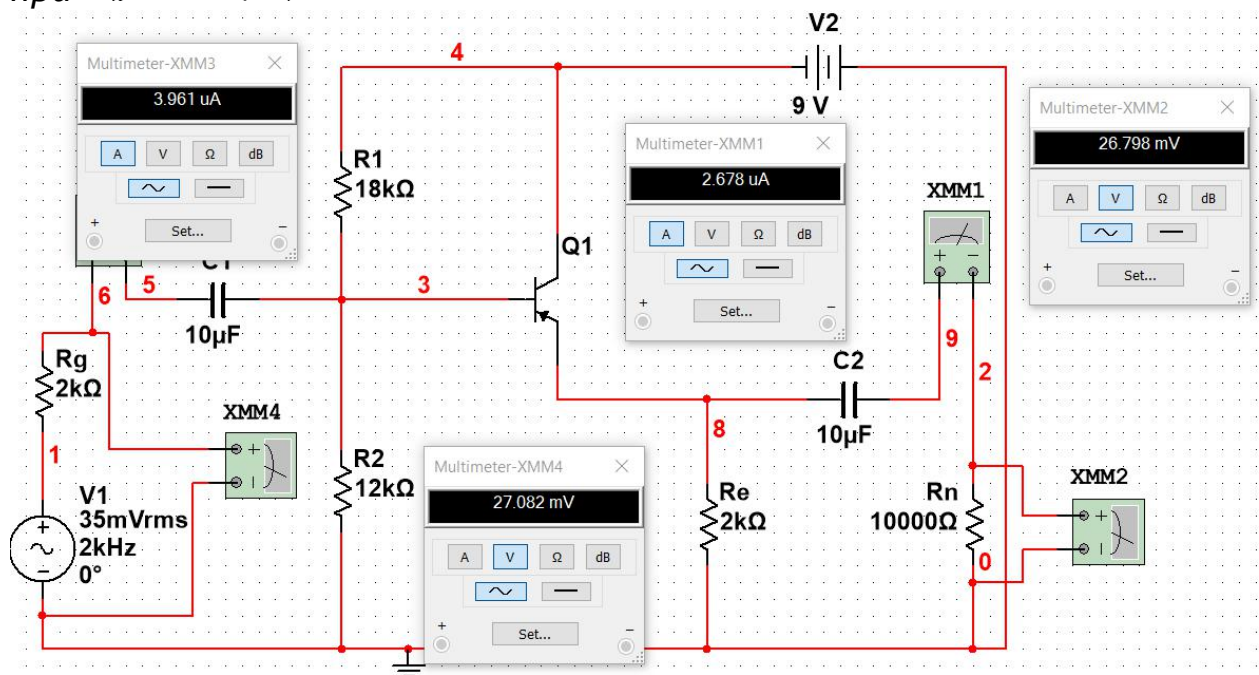


Рисунок 3.4 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 10000$ (Ом)

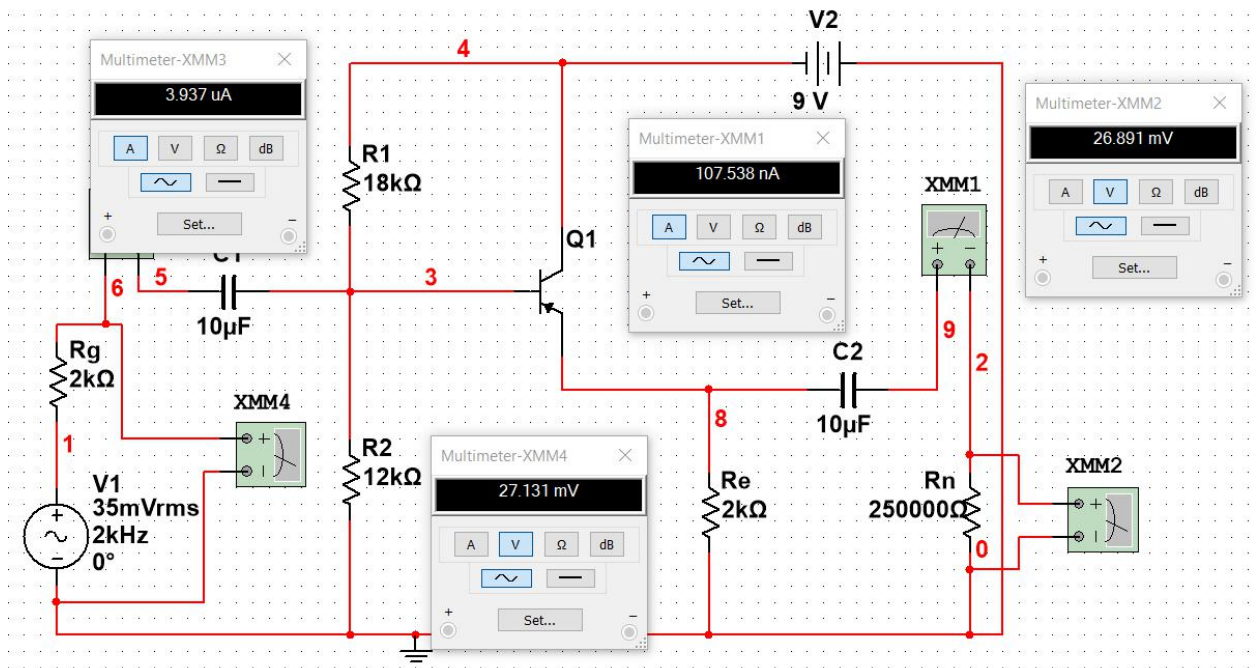


Рисунок 3.5 – Измерение параметров цепи на входе и выходе при $R_n = 250000 \text{ (Ом)}$

R_n	U_{BX}	I_{BX}	$U_{ВЫХ}$	$I_{ВЫХ}$	R_{BX}	K_i	K_u	K_p
200	2,50 E-02	5,01 E-06	2,47 E-02	1,14 E-04	4981 ,45	22,6 8	0,99	22,4 5
1000	2,66 E-02	4,18 E-06	2,60 E-02	2,60 E-05	6370 ,4	18,6 3	0,97	18,0 7
1000 0	2,71 E-02	3,96 E-06	2,68 E-02	2,68 E-06	6837 ,16	0,68	0,99	0,67
2500 00	2,71 E-02	3,94 E-06	2,69 E-02	1,08 E-07	6891 ,29	0,03	0,99	0,03

Выходное сопротивление $R_{ВЫХ} = \frac{U_{XX}}{I_{КС}} = \frac{26,893 \cdot 10^{-3}}{694,531 \cdot 10^{-6}} = 38,68 \text{ (Ом)}$

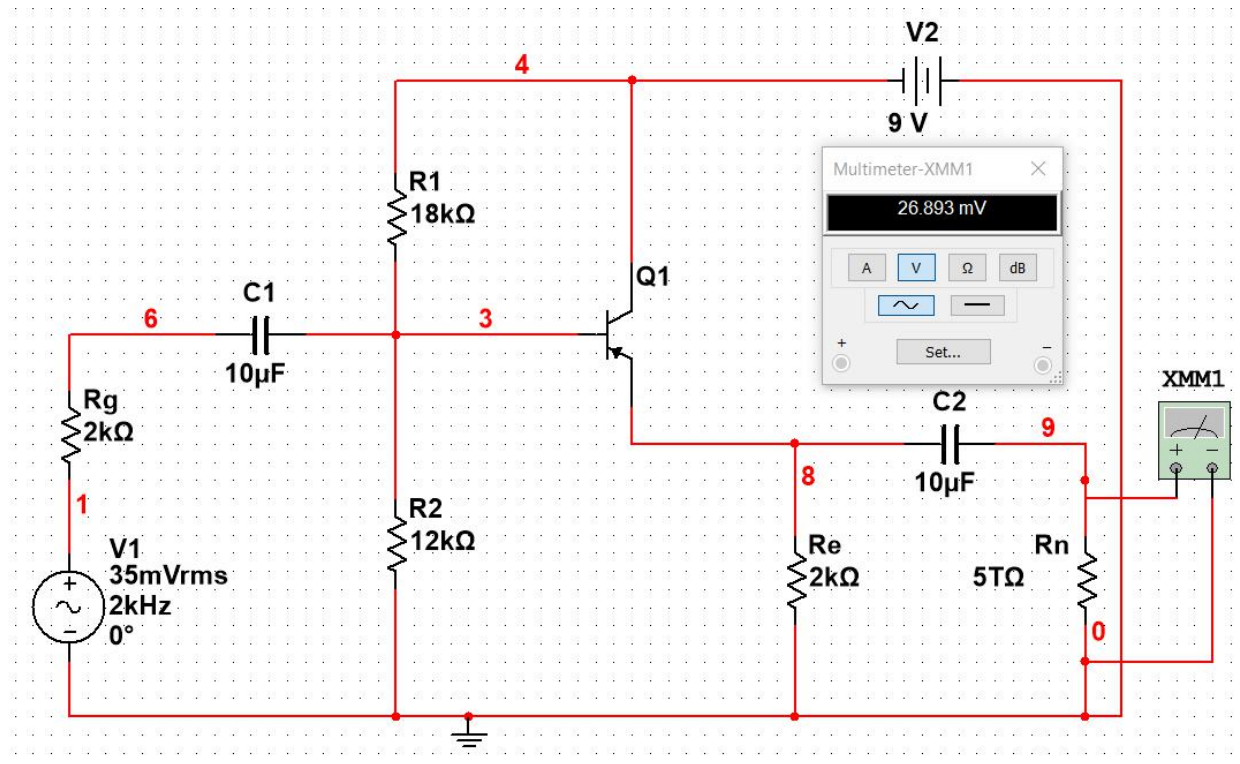


Рисунок 3.6 – Снятие значения напряжения холостого хода

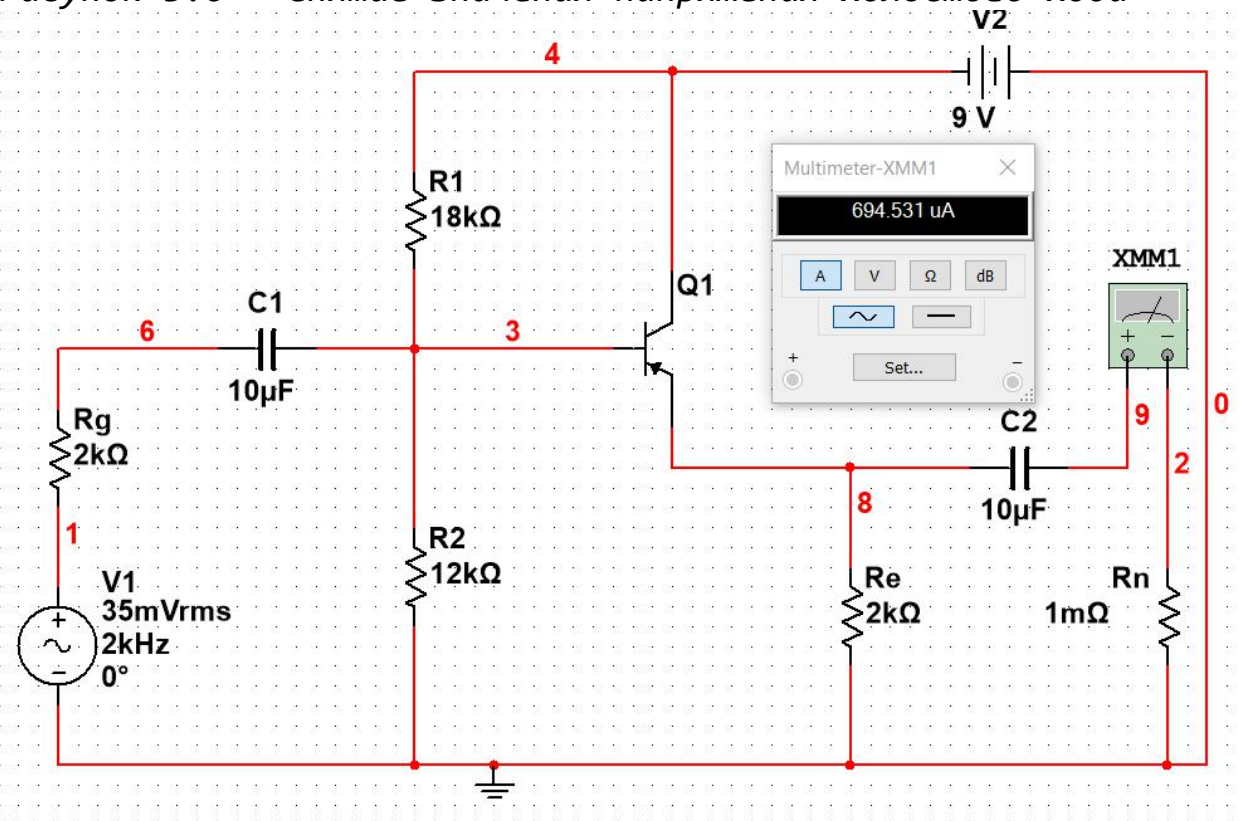


Рисунок 3.7 – Снятие значения тока короткого замыкания

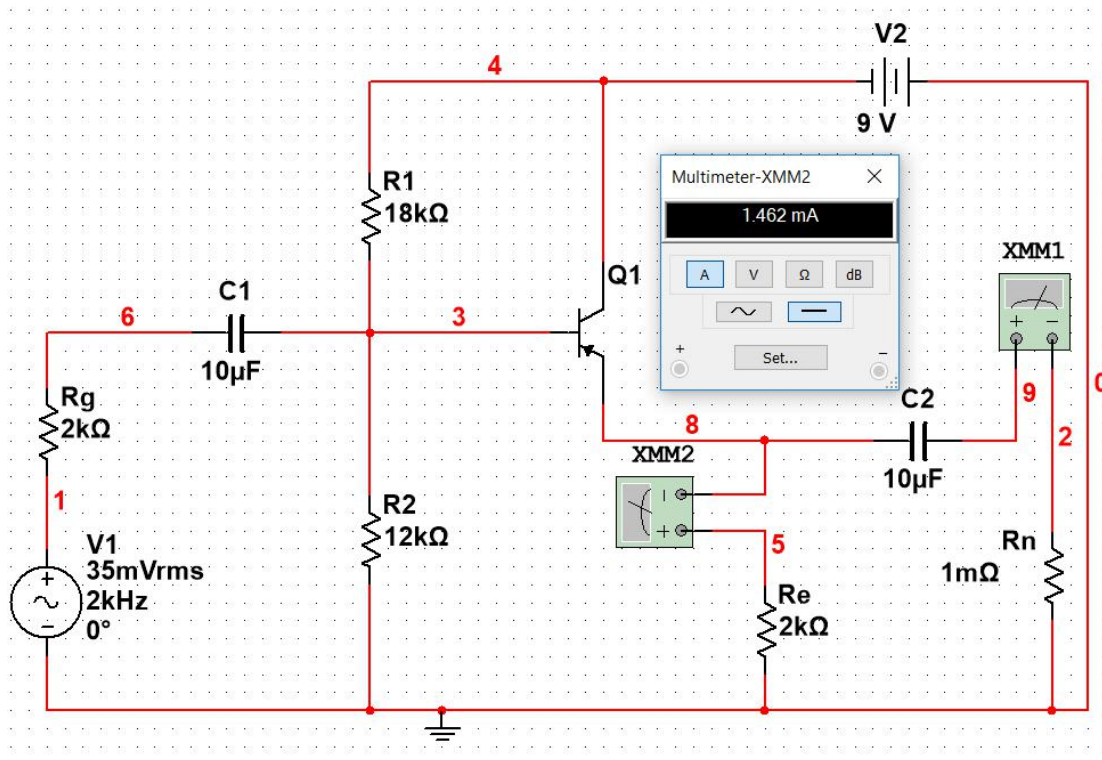


Рисунок 3.8 – Снятие значения тока эмиттере

Аналитический расчёт:

$$r_3 = \frac{\varphi}{I_3} = \frac{0,026}{1,462 * 10^{-3}} = 17,78 \text{ (Ом)}$$

$$R_6 = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{18 * 12 * 10^3}{(18 + 12) * 10^3} = 7200 \text{ (Ом)}$$

$$R_{\text{ВХ_ТР_ОК}} = (1 + B) * r_{\text{ЭМ}} = (80 + 1) * 17,78 = 1440,8 \text{ (Ом)}$$

$$R_{\text{ЭН}} = \frac{R_3 * R_H}{R_3 + R_H} = \frac{2000 * 10000}{2000 + 10000} = 1666,67 \text{ (Ом)}$$

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{[R_{\text{ВХ_ТР_ОК}} + (B + 1) * R_{\text{ЭН}}] * R_6}{[R_{\text{ВХ_ТР_ОК}} + (B + 1) * R_{\text{ЭН}}] + R_6} = \frac{[1440,8 + (80 + 1) * 1666,67] * 7200}{[1440,8 + (80 + 1) * 1666,67] + 7200} = 6839,1 \text{ (Ом)}$$

$$R_{\text{ВЬВХ}} = \frac{\left(r_3 + \frac{R'_r}{B + 1}\right) * R_3}{\left(r_3 + \frac{R'_r}{B + 1}\right) + R_3} = 37,618 \text{ (Ом)}$$

R_n	$R_{\text{ВХ}}$	$R_{\text{ВЬВХ}}$	K_i	K_u	K_p	Δk_i	Δk_u	Δk_p	$\sigma k_i, \%$	$\sigma k_u, \%$	$\sigma k_p, \%$
200	6839,1	37,62	22,69	0,91	20,65	0,01	0,08	1,8	0,0004	0,0879	0,0872
1000			18,62	0,97	18,06	0,01	0	0,01	0,0005	0	0,0006
10000			0,81	0,99	0,8	0,13	0	0,13	0,1605	0	0,1625
250000			0,03	0,99	0,03	0	0	0	0	0	0

f_B , Гц	τ_B , сек	G	R'_r , Ом	f_β , Гц	τ_β , сек	$C_{\kappa\Theta}$, Ф	R_{KH} , Ом
4,624E+06	9,8E-08	0,0235	1565,22	1,234E+06	1,289E-07	2,43E-09	1666,67

$$U_{max} = 2,148 * 10^{-5} (B)$$

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 14,904 * 10^{-5} (B)$$

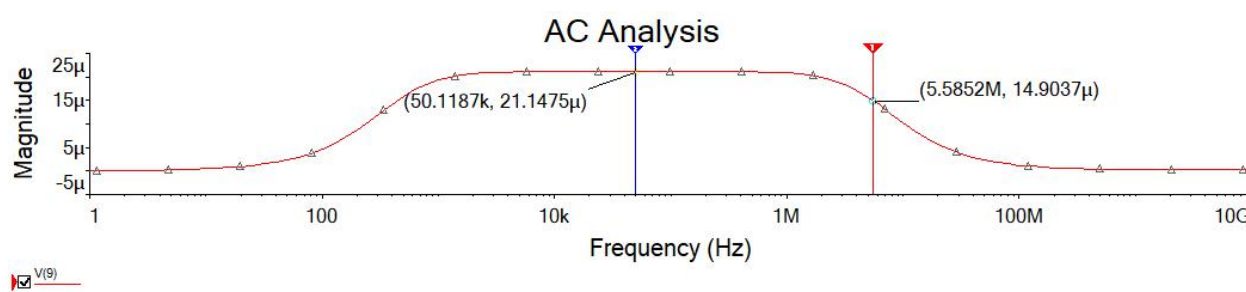


Рисунок 3.9 – график АЧХ

Граничная частота $f_B = 5,585 * 10^6$ (Гц)

Вывод

Изучены влияния различных способов включения биполярного транзистора и найдена величина сопротивления нагрузки на свойства усилительного каскада.