

Задание 3

Для соответствующих сигналов U , матрицы смешения \mathbf{A} и матрицы разделения \mathbf{W} построить входные реализации X и восстановленные реализации Y . Для количественной оценки эффективности разделителя вычислить *глобальный индекс отклонения* матрицы $\mathbf{P} = \{p_{ij}\} = \mathbf{W}\mathbf{A}$:

$$J = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^m \frac{|p_{ij}|}{\max_k |p_{ik}|} - 1 \right) + \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^m \frac{|p_{ij}|}{\max_k |p_{kj}|} - 1 \right)$$

Вариант №1.

$$\begin{aligned} U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) \cos(2\pi n f_{d0} / f_s) \\ U_1(n) &= A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_1 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d1} / f_s))] \\ U_2(n) &\sim U(-1; 1) \end{aligned} \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0.56 & 0.79 & -0.37 \\ -0.75 & 0.65 & 0.86 \\ 0.17 & 0.32 & -0.48 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 4.12 & -1.79 & -6.38 \\ -10.20 & -9.81 & -9.73 \\ 0.22 & 0.03 & -0.62 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 100$ Гц, $f_{d0} = 30$ Гц, $f_1 = 500$ Гц, $f_{d1} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $U(-1; 1)$ – равномерно распределенная случайная величина в промежутке $[-1; 1]$.

Вариант №2.

$$\begin{aligned} U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) \cos(2\pi n f_{d0} / f_s) \\ U_1(n) &= A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_1 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d1} / f_s))] \\ U_2(n) &\sim N(0; 0.2) \end{aligned} \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0.56 & 0.79 & -0.37 \\ -0.75 & 0.65 & 0.86 \\ 0.17 & 0.32 & -0.48 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 32.09 & -14.12 & -50.50 \\ 3.64 & 1.78 & -9.96 \\ -5.48 & -5.47 & -6.48 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 100$ Гц, $f_{d0} = 30$ Гц, $f_1 = 500$ Гц, $f_{d1} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.2)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.2$.

Вариант №3.

$$\begin{aligned} U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) \cos(2\pi n f_{d0} / f_s) \\ U_1(n) &= A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_1 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d1} / f_s))] \\ U_2(n) &= A \cos \left(2\pi n \left(f_2 / f_s + \frac{(F_{max} - f_2)n}{f_s N} \right) \right) \end{aligned} \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0.3352 & -0.4895 & -0.8027 \\ -0.000019 & -0.5279 & -0.9324 \\ -0.3778 & 0.3028 & 0.1251 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} -46.93 & 19.67 & -41.48 \\ 71.32 & -60.21 & 10.34 \\ -58.82 & 43.54 & -52.20 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 100$ Гц, $f_{d0} = 30$ Гц, $f_1 = 500$ Гц, $f_{d1} = 40$ Гц, $f_2 = 10$ Гц, $F_{max} = 20$ Гц, $N = 1000$, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$.

Вариант №4.

$$\begin{aligned} U_0(n) &= A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d0} / f_s))] \\ U_1(n) &\sim U(-1; 1) \\ U_2(n) &\sim N(0; 0.2) \end{aligned} \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1.844 & -1.537 & -0.963 \\ 0.419 & 0.832 & 2.876 \\ -1.618 & 2.455 & 0.284 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 1.052 & 0.277 & 1.271 \\ 9.028 & 2.576 & 4.778 \\ -1.698 & 1.316 & -1.528 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 500$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.2)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.2$; $U(-1; 1)$ – равномерно распределенная случайная величина в промежутке $[-1; 1]$.

Вариант №5.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d0} / f_s))] \\
 U_1(n) &= A \sin(2\pi n f_1 / f_s + \pi/6) \\
 &\quad + A \cos(2\pi n f_2 / f_s + \pi/12) \\
 U_2(n) &\sim N(0; 0.1)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.687 & -0.694 & 2.229 \\ -2.415 & 0.396 & 2.609 \\ -0.822 & -1.516 & 1.254 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 2.185 & 1.805 & -7.112 \\ 8.673 & -4.826 & -5.235 \\ 7.309 & -0.897 & -3.173 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 500$ Гц, $f_1 = 17$ Гц, $f_2 = 19$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$.

Вариант №6.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d0} / f_s))] \\
 U_1(n) &= A \sin(2\pi n f_1 / f_s + \pi/6) \\
 &\quad + A \cos(2\pi n f_2 / f_s + \pi/12) \\
 U_2(n) &\sim U(-0.5; 0.5)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.389 & 1.332 & -1.245 \\ 0.717 & -0.162 & -0.414 \\ 1.083 & -1.671 & 1.845 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} -3.633 & 3.420 & -3.556 \\ 25.50 & -9.233 & 15.247 \\ 14.223 & 5.34 & 10.803 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 500$ Гц, $f_1 = 17$ Гц, $f_2 = 19$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $U(-0.5; 0.5)$ – равномерно распределенная случайная величина в промежутке $[-0.5; 0.5]$.

Вариант №7.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) \cos(2\pi n f_{d0} / f_s) \\
 U_1(n) &= A \cos\left(2\pi n \left(f_1 / f_s + \frac{(F_{max} - f_1)n}{f_s N}\right)\right) \\
 U_2(n) &= A \sin(2\pi n f_2 / f_s + \pi/6) \\
 &\quad + A \cos(2\pi n f_3 / f_s + \pi/12)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.481 & 1.907 & -1.542 \\ -1.491 & -0.66 & -0.937 \\ 1.058 & 1.59 & -1.838 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 9.188 & -6.269 & -4.706 \\ 2.516 & -4.538 & -5.235 \\ -9.226 & -3.620 & 9.604 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 100$ Гц, $f_1 = -20$ Гц, $f_2 = 17$ Гц, $f_3 = 19$ Гц, $f_{d0} = 30$ Гц, $F_{max} = 20$ Гц, $N = 1000$, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$.

Вариант №8.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) + A \cos(2\pi n f_1 / f_s + \pi/12) \\
 U_1(n) &\sim U(-1; 1) \\
 U_2(n) &\sim N(0; 0.1)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.907 & -1.521 & 0.36 \\ 1.175 & -1.566 & -0.866 \\ 1.548 & 1.49 & 1.431 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} -1.396 & 3.888 & 2.688 \\ -0.695 & -0.574 & -0.155 \\ 5.984 & -1.414 & 4.614 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 3$ Гц, $f_1 = 19$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$; $U(-1; 1)$ – равномерно распределенная случайная величина в промежутке $[-1; 1]$.

Вариант №9.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) + A \cos(2\pi n f_1 / f_s + \pi/12) \\
 U_1(n) &\sim U(-1; 1) \\
 U_2(n) &= A \sin(2\pi n f_2 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d0} / f_s))
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0.451 & -1.044 & -2.518 \\ 2.232 & 1.29 & -0.973 \\ -1.851 & -1.392 & 1.011 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} -0.2384 & 19.906 & 18.545 \\ -0.3265 & -4.532 & -5.198 \\ -4.495 & 16.009 & 18.20 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 3$ Гц, $f_1 = 19$ Гц, $f_2 = 500$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $U(-1; 1)$ – равномерно распределенная случайная величина в промежутке $[-1; 1]$.

Вариант №10.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) + A \cos(2\pi n f_1 / f_s + \pi/12) \\
 U_1(n) &\sim N(0; 0.1) \\
 U_2(n) &= A \sin(2\pi n f_2 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d0} / f_s))
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.088 & -0.660 & -1.221 \\ 1.826 & 1.432 & 1.576 \\ -0.9366 & -0.0655 & 2.0685 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 9.908 & 4.838 & -2.160 \\ -8.453 & 3.431 & 8.094 \\ -6.920 & -2.894 & 4.94 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 3$ Гц, $f_1 = 19$ Гц, $f_2 = 500$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$.

Вариант №11.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s) + A \cos(2\pi n f_1 / f_s) \\
 U_1(n) &\sim N(0; 0.1) \\
 U_2(n) &= A \sin(2\pi n f_2 / f_s + A_d \cdot \text{sgn}[\cos(2\pi n f_{d0} / f_s)])
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -1.477 & -0.495 & 0.866 \\ 1.187 & 0.321 & -1.320 \\ -0.490 & 1.196 & 0.407 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} -13.643 & -10.009 & -3.498 \\ -17.95 & -22.944 & -1.468 \\ 2.542 & -0.291 & 7.210 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 3$ Гц, $f_1 = 19$ Гц, $f_2 = 500$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$.

Вариант №12.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f / f_s + A_d \cos(2\pi n f_d / f_s)) \\
 U_1(n) &\sim N(0; 0.1) \\
 U_2(n) &\sim U(-1; 1)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0.465 & 0.399 & -0.9196 \\ -0.2011 & -0.6998 & -0.350 \\ 1.400 & 0.934 & -1.318 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 1.963 & 1.504 & -0.455 \\ -17.235 & 14.99 & 7.96 \\ 39.30 & -10.398 & -24.663 \end{pmatrix}$$

где $f = 500$ Гц, $f_d = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$; $U(-1; 1)$ – равномерно распределенная случайная величина в промежутке $[-1; 1]$.

Вариант №13.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cdot \text{sgn}[\cos(2\pi n f_{d0} / f_s)]) \\
 U_1(n) &\sim N(0; 0.1) \\
 U_2(n) &= A \cos\left(2\pi n \left(f_1 / f_s + \frac{(F_{max} - f_1)n}{f_s N}\right)\right)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.9246 & -1.019 & 1.453 \\ 1.201 & 0.051 & -0.623 \\ -0.293 & -0.804 & 0.466 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 24.527 & 11.332 & -30.90 \\ 12.385 & 17.604 & -15.128 \\ 5.044 & -1.357 & -18.868 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 300$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_1 = -20$ Гц, $F_{max} = 20$ Гц, $N = 1000$, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 18$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$.

Вариант №14.

$$\begin{aligned}
 U_0(n) &= A \sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cdot \text{sgn}[\cos(2\pi n f_{d0} / f_s)]) \\
 U_1(n) &\sim N(0; 0.1) \\
 U_2(n) &= A \cos\left(2\pi n \left(f_1 / f_s + \frac{(F_{max} - f_1)n}{f_s N}\right)\right)
 \end{aligned}
 \quad
 \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -2.282 & 1.234 & 0.073 \\ -2.019 & 2.689 & 1.007 \\ -2.042 & 1.876 & -0.628 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 5.936 & 5.886 & -12.448 \\ -11.946 & 3.012 & 3.449 \\ 8.106 & -4.009 & -4.922 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 300$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_1 = -20$ Гц, $F_{max} = 20$ Гц, $N = 1000$, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 18$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$.

Вариант №15.

$$U_0(n) = A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_{d0} / f_s))]$$

$$U_1(n) = A \sin(2\pi n f_1 / f_s + \pi/6) + A \cos(2\pi n f_2 / f_s + \pi/12)$$

$$U_2(n) \sim N(0; 0.1)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1.353 & 2.496 & -1.114 \\ 2.827 & 1.948 & 2.188 \\ 1.488 & -2.721 & -2.755 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 3.0546 & -0.730 & -1.367 \\ 0.212 & 2.412 & 1.943 \\ 2.264 & -1.820 & 1.228 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 500$ Гц, $f_1 = 17$ Гц, $f_2 = 19$ Гц, $f_{d0} = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$; $N(0; 0.1)$ – нормально распределенная случайная величина с $m = 0$ и $\sigma = 0.1$.

Вариант №16.

$$U_0(n) = A \cdot \operatorname{sgn}[\sin(2\pi n f_0 / f_s + A_d \cos(2\pi n f_d / f_s))]$$

$$U_1(n) = A \sin(2\pi n f_1 / f_s + A_d \cdot \operatorname{sgn}[\cos(2\pi n f_d / f_s)])$$

$$U_2(n) = A \sin(2\pi n f_2 / f_s) \cos(2\pi n f_d / f_s)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -0.203 & -0.9865 & 0.964 \\ -0.984 & -0.278 & -0.0329 \\ -0.126 & -0.648 & 0.976 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} -9.402 & 10.868 & 9.650 \\ 43.875 & -3.249 & -43.577 \\ 38.330 & -0.392 & -58.344 \end{pmatrix}$$

где $f_0 = 500$ Гц, $f_1 = 300$ Гц, $f_2 = 100$ Гц, $f_d = 40$ Гц, $f_s = 10$ кГц, $A = 0.1$, $A_d = 9$.