

Планирование экспериментов применительно к объекту исследований

Объект исследования

*Динамика перемещения
подвижной части приводных
электромеханических систем
электроаппаратов.*

Чёрный ящик



Алгоритм построения факторного эксперимента

- Выбор числа факторов
- Проверка на физическую реализуемость
- Выбор диапазона изменений каждого фактора
- Проверка на физическую реализуемость сочетаний факторов
- Выбор центральной точки плана
- Выбор плана эксперимента

Математическая модель индукционно-динамического механизма с емкостным накопителем

$$v = b_0 + \sum_{i=1}^7 b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^7 b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^7 b_{ii} x_i^2$$

Факторы эксперимента

$$v = b_0 + \sum_{i=1}^7 b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^7 b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^7 b_{ii} x_i^2$$

- x_1 – число витков катушки-индуктора (n);
- x_2 – диаметр провода катушки (d) в мм;
- x_3 – жесткость нагрузочной характеристики вакуумной камеры (k), н/мм;
- x_4 – начальное усилие поджатия контактов камеры (F_0), Н;
- x_5 – масса подвижных частей (m), кг;
- x_6 – емкость накопительного конденсатора (C), мкФ;
- x_7 – напряжение на конденсаторе (U), В.

Нормирование параметров

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}$$

где \bar{x}_i – нормированное значение переменной;

x_i – реальное значение переменной;

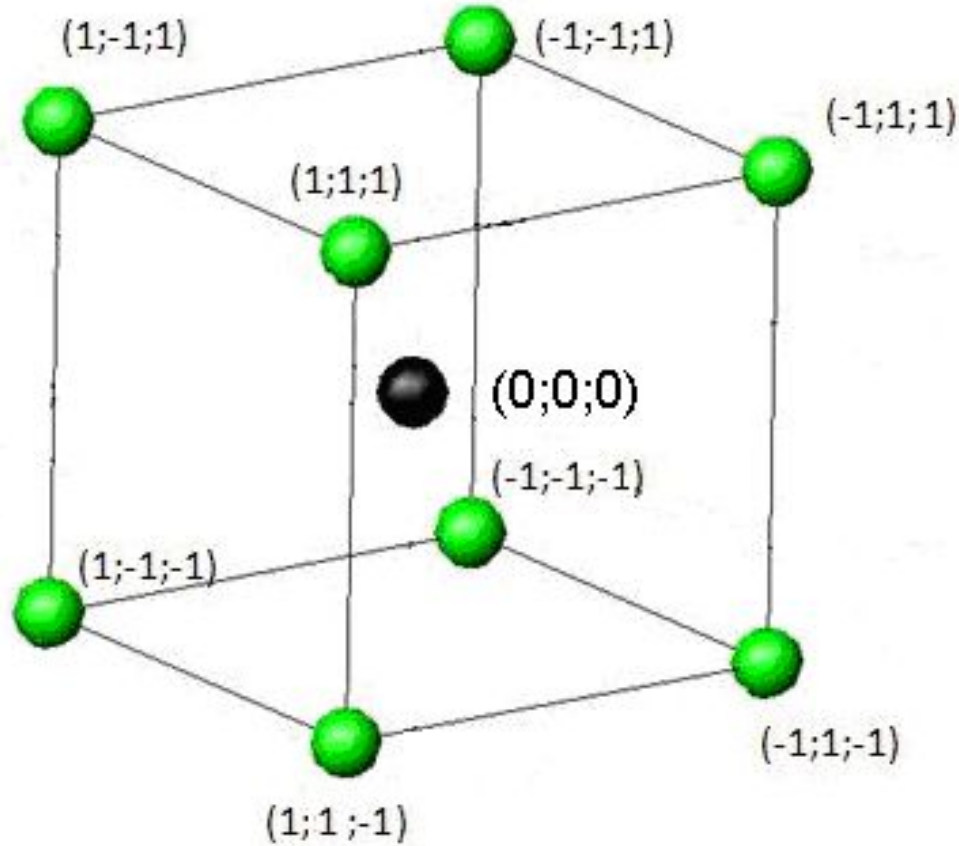
x_{i0} – основной уровень параметра;

Δx_i – интервал варьирования.

Данные для нормировки параметров

Уровни	Параметры						
	X1	X2, мм	X3, Н/м м	X4, Н	X5, кг	X6, мкФ	X7, В
Основной уровень	80	1,0	10	100	2,5	300	1800
Интервал варьирования	30	0,25	3	30	0,5	50	400

Центральный композиционный план для трёх факторов



Критерии добавления «звёздных» точек

1. Равномерность дисперсии ошибки эксперимента (равномерное распределение информации по поверхности плана);
2. Ортогональность полученных функций относительно различных факторов.

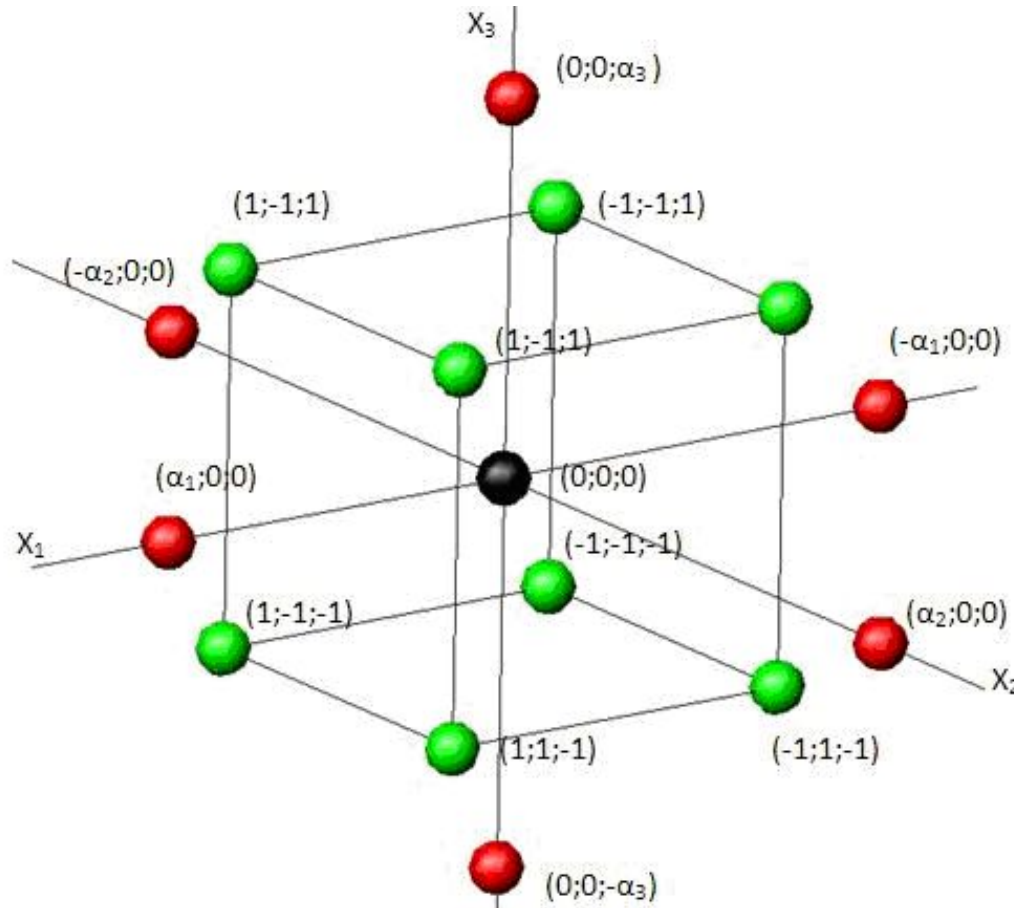
Плечо «звёздной» точки

$$\alpha = \sqrt{\sqrt{N \cdot 2^{k-2}} - 2^{k-1}}$$

N – количество опытов

k – количество факторов

Ортогональный центральный композиционный план для трёх факторов



Истинные значения переменных подсчитываются по формуле:

$$x_i = \bar{x}_i \cdot \Delta x_i + x_{i0}$$

Коэффициенты вычисляются по формулам:

$$\bar{b}_0 = \frac{\sum_{u=1}^N x_{0iu} y_u}{N}, \quad \bar{b}_0 - \text{промежуточный результат для } b_0$$

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{2^k + 2\alpha^2}, \quad b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \bar{y}_u}{2^k(1-\varphi) + 2\alpha^2(\alpha^2 - \varphi)},$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{ju} x_{iu} \bar{y}_u}{2^k}, \quad b_0 = \bar{b}_0 - \varphi(b_{11} + \dots + b_{77})$$

$$\text{где } \varphi = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}{N} = \frac{2^k + 2\alpha^2}{N}$$

Функция отклика

$$y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + \dots + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_1x_3$$

Нахождение оптимума

- По стандартной процедуре получаем функцию, коэффициенты и проводим оптимизацию одной из стандартных программ.
- Во время проведения эксперимента отслеживаем значение Y так, чтобы получить его оптимальное значение