МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

профессионального образования «Самарский государственный технический университет»

 (ФГБОУ ВПО «СамГТУ»)

Кафедра «Электромеханика и автомобильное электрооборудование» (ЭМиАЭ)

Методические указания

к практическим занятиям по курсу

«Методы планирования эксперимента и обработки данных»

Работа №2

**Построение матрицы ПФЭ и крутое восхождение**

**по поверхности отклика**

Составитель: д.т.н. Ю.А. Макаричев

СамГТУ

2015

1. **Цель занятия.**

Освоение навыков построения матрицы полного факторного эксперимента и проведения оптимизационного эксперимента методом Бокса-Уилсона на примере оптимизации трансформатора по массе при варьировании трех факторов в ходе расчетного эксперимента.

1. **Теоретическое описание.**

*Объект исследования* – трехфазный трансформатор.

*Параметр оптимизации* – масса активных частей трансформатора.

*Варьируемые факторы*:

- индукция в стержне трансформатора, *Bc*, Тл; (фактор *x1*);

- расчетный диаметр стержня, *Dc*, м; (фактор *x2*);

- плотность тока в обмотке, *j*, А/мм2; (фактор *x3*).

Известна следующая априорная информация об исследуемом трансформаторе, полученная из опыта проектирования аналогичных устройств.

Факторы имеют следующие диапазоны варьирования:

- индукция в стержне трансформатора, *Bc* = [0,2–2,2] Тл;

- расчетный диаметр стержня, *Dc =* [0,1–0,5] м;

- плотность тока в обмотке, *j =* [2–15] А/мм2.

Лучший аналог имеет массу активных частей *m* = 1020 кг.

**Задача исследования** – найти значения варьируемых факторов, при которых достигается минимальное значение выходного параметра (массы активных частей трансформатора). Полученное значение массы должно быть не больше, чем у лучшего аналога.

*Примечание*: Уравнение математической модели (ММ) зависимости параметра оптимизации от варьируемых факторов задает преподаватель (табл.3).

1. **Проведение расчетного эксперимента**
	1. **Построение матрицы ПФЭ.**

Порядок построения матрицы ПФЭ.

1. Необходимо выбрать нулевой уровень значений варьируемых факторов (*x10*, *x20*, *x30*). Он выбирается по методике [1]. Как правило, за нулевой уровень фактора принимается значение, которое имеет лучший аналог. Если такая информация отсутствует, то обычно выбирается величина из середины диапазона допустимых значений данного фактора.
2. Выбор шагов варьирования факторов (*dx1, dx2, dx3*).

Шаги варьирования выбираются таким образом, чтобы верхний и нижний уровень фактора не выходили за область определения, имели возможность для изменения значений в ходе крутого восхождения, различались в пределах ошибки установки и вычисления.

Выбранные значения нулевых уровней и шагов варьирования занести как константы в таблицу 1 (*Excel)*. (Столбцы 2–4 и 5–7).

Таблица 1

Матрица ПФЭ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | x10, Тл | x20, м | x30, А/мм^2 | dx1, Тл | dx2, м | dx3, А/мм^2 | x1, о.е. | x2, о.е. | x3, о.е. | x1~, Тл | x2~, м | x3~, А/мм^2 | y, кг |
| 1 |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  | -1 | 1 | 1 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  | 1 | -1 | 1 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  | -1 | -1 | 1 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 | -1 |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  | -1 | 1 | -1 |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  | 1 | -1 | -1 |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  | -1 | -1 | -1 |  |  |  |  |

1. Пример построения матрицы ПФЭ для трех факторов в относительных единицах приведен в Таблице 1. Верхнему уровню соответствует значение (+1), нижнему – (-1). (Столбцы 8–10).
2. Абсолютные значения факторов рассчитываются по следующим выражениям:

$x\_{1i\~}=x\_{10}+x\_{1i}∙dx\_{1i}$;

$x\_{2i\~}=x\_{20}+x\_{2i}∙dx\_{2i}$; (1)

$x\_{3i\~}=x\_{30}+x\_{3i}∙dx\_{3i}$.

где *i* – номер опыта (строки матрицы).

Значения *xji~* , вычисленные по пункту 4 занести в столбцы 11-13 таблицы 1.

1. Значения параметра оптимизации *y* в столбце 14 таблицы 1 вычислять для каждой строки матрицы ПФЭ по соответствующим значениям факторов *xji~* по формуле ММ, заданной преподавателем.
	1. **Вычисление коэффициентов регрессии и шагов крутого восхождения**

Линейная модель поверхности отклика имеет вид уравнения

$y\~=b\_{0}+b\_{1}(x\_{1}-x\_{10})/dx\_{1}+b\_{2}(x\_{2}-x\_{20})/dx\_{2}+b\_{3}(x\_{3}-x\_{30})/dx\_{3}$ $y=b\_{0}+b\_{1}x\_{1}+b\_{2}x\_{2}+b\_{3}x\_{3}$ (2)

Значения коэффициентов вычисляются по результатам проведения полного факторного эксперимента (столбец 14 таблицы 1).

$b\_{0}=(y\_{1}+y\_{2}+…+y\_{8})/8$;

$b\_{1}=(y\_{1}-y\_{2}+y\_{3}-y\_{4}+y\_{5}-y\_{6}+y\_{7}-y\_{8})/8$;

$b\_{2}=(y\_{1}+y\_{2}-y\_{3}-y\_{4}+y\_{5}+y\_{6}-y\_{7}-y\_{8})/8$; (3)

$b\_{3}=(y\_{1}+y\_{2}+y\_{3}+y\_{4}-y\_{5}-y\_{6}-y\_{7}-y\_{8})/8$.

Знаки перед значениями *y* определяются соответствующими значениями кодированных факторов из столбцов 8–10 таблицы 1.

Значения коэффициентов линейной ММ занести в таблицу 2.

Таблица 2

Коэффициенты линейной ММ и шаги крутого восхождения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *b0* | *b1* | *b2* | *b3* | *m* | *b1\*m* | *b2\*m* | *b3\*m* |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Записать уравнение (2) с получившимися значениями коэффициентов. Оценить влияние каждого фактора на параметр оптимизации.

Выбрать, исходя из значения наиболее значимого коэффициента масштаб *m* шагов крутого восхождения $b\_{j}\*m$ и внести их значения в таблицу 2.

* 1. **Крутое восхождение по поверхности уровня**

Для расчета шагов крутого восхождения воспользуемся выражением (4)

$x\_{ji}=x\_{j,i-1}-b\_{j}∙m$, (4)

где для первого шага $i=1, i-1=0$ . (Движение по поверхности начинается с точки нулевого уровня $x\_{10},x\_{20}, x\_{30}$). Так как в данной задаче требуется отыскать минимум параметра оптимизации, то знак перед шагом приращения отрицательный, что соответствует движению по линии ската в направлении антиградиента.

Вычислить значение параметра оптимизации по линейной ММ (*y*~) и по модели, заданной преподавателем (*y*).

Таблица 3

Уравнения математической модели по вариантам

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Уравнение ММ |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8 |  |
| 9 |  |
| 10 |  |
| 11 |  |
| 12 |  |

 Повторять вычисления до тех пор, пока крутое восхождение (спуск) будет эффективно. Занести результаты вычислений в таблицу 3.

В таблицу внести значения *y*~, рассчитанные по линейной модели (2).

Таблица 4

 Движение по линии наикратчайшего спуска.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № шага | *x1* | *x2* | *x3* | *y~* | *y* |
| 0 |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |  |
| *n* |  |  |  |  |  |
| *n+1* |  |  |  |  |  |

Выписать минимальное значение параметра оптимизации и соответствующие ему значения факторов.

Построить в одних координатных осях графики *y~= f (№* шага*)* и *y= f (№* шага*).*

Принять обоснованное решение об эффективности процесса крутого восхождения (спуска).

Сделать выводы по работе.

Подготовить отчет.