

**ОДНОЗНАЧНОСТЬ ОБЛАСТИ ОПТИМАЛЬНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ
НАПЯЖЕНИЯ**

Е. С. ГИТМАН, С. А. ГОРБАТКОВ, А. А. ЛЕДИН, С. П. РЯБОВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры
электрооборудования)

Для расчета феррорезонансных стабилизаторов напряжения важно выяснить однозначность области оптимальных параметров при различных требованиях по уровню стабилизации и отклонениях входного напряжения от номинального значения при различного рода нагрузках.

В данной работе используются методы математической теории эксперимента [1], изложенные применительно к выбору оптимальных параметров феррорезонансного стабилизатора в [2], где рассматривалась схема рис. 1. За критерий оптимальности был принят максимум отдаваемой мощности. При требованиях

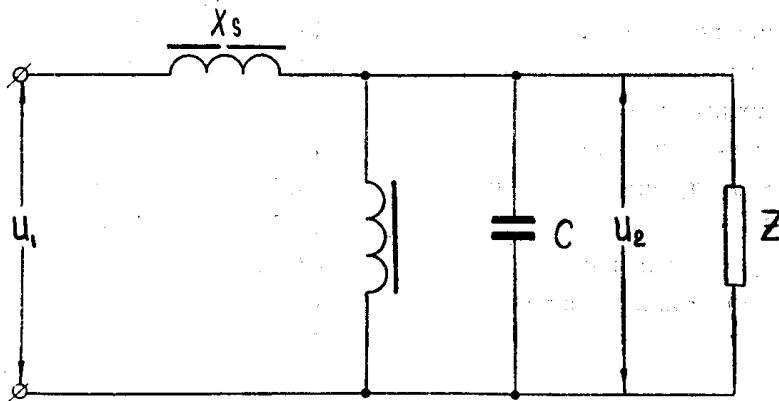


Рис. 1

$$u_1 = 220 \begin{matrix} + 20 \\ - 80 \text{ В} \end{matrix};$$

$$u_2 = 220 \begin{matrix} + 12 \\ - 12 \text{ В} \end{matrix};$$

$$f = 50 \text{ Гц};$$

насыщенный сердечник —
ОЛ-128/80 40, сталь Э 340;
нагрузка активная

(1)

получены следующие величины оптимальных параметров:

$$C = 70 \text{ мкФ}; \quad X_s = 52,6 \text{ Ом}.$$

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся на практике режимы феррорезонансных стабилизаторов напряжения.

Активная нагрузка

Поставленную задачу определения однозначности области оптимальных параметров решим следующим образом: в условиях (1) зададимся новыми требованиями

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= 220 \pm 20\% \text{ в;} \\ u_2 &= 220 \pm 2\% \text{ в} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

и сравним оптимальные параметры для обоих случаев.

Матрица планирования и результаты крутого восхождения представлены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

| Номер эксперимента | с, мкф | x_s , ом | P, вт |
|--------------------|--------|------------|-------|
| 1 | 32 | 112 | 300 |
| 2 | 36 | 112 | 317 |
| 3 | 32 | 118 | 288 |
| 4 | 36 | 118 | 298 |

Таблица 2

| | с, мкф | x_s , ом | P, вт |
|-----------------------|--------|------------|-------|
| Основной уровень | 34 | 115 | |
| Интервал варьирования | 2 | 3 | |
| Верхний уровень | 36 | 118 | |
| Нижний уровень | 32 | 112 | |
| Коэффициент регрессии | 6,75 | — 7,75 | |
| Шаг | 13,5 | — 23,2 | |
| Округленный шаг | 13 | — 22,3 | |
| Реализованный опыт | 47 | 92,7 | 394 |
| » | 60 | 70,4 | 505 |
| » | 73 | 48,1 | 715 |
| » | 86 | 25,8 | 632 |

Оптимальные параметры составляют: $c=73$ мкф; $x_s=48,1$ ом — и близки к оптимальным параметрам для условий (1). Полученные результаты позволяют сделать вывод об однозначности оптимальных параметров феррорезонансных стабилизаторов напряжения для активной нагрузки. При этом

$$x_s/\omega c \approx 1, \quad (3)$$

где ω — круговая частота.

Отметим, что отдаваемая стабилизатором в нагрузку мощность зависит в основном от заданных пределов изменения входного напряжения и в известных границах мало зависит от уровня стабилизации выходного напряжения. Покажем это с помощью двухфакторного эксперимента, в котором независимыми переменными приняты: $\pm \Delta u_1$ — диапазон изменения входного напряжения; $\pm \Delta u_2$ — диапазон изменения выходного напряжения. Независимые переменные варьируются в широких пределах (табл. 3 и 4).

Таблица 3

| | $\pm \Delta u_1, \%$ | $\pm \Delta u_1, \%$ |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Основной уровень | 20 | 4 |
| Интервал варьирования | 10 | 1 |
| Верхний уровень | 30 | 5 |
| Нижний уровень | 10 | 3 |

Таблица 4

| Номер эксперимента | $\pm \Delta u_2, \%$ | $\pm \Delta u_2, \%$ | P, вт |
|--------------------|----------------------|----------------------|-------|
| 1 | 10 | 3 | 820 |
| 2 | 30 | 3 | 585 |
| 3 | 10 | 5 | 835 |
| 4 | 30 | 5 | 615 |

Коэффициенты регрессии равны: $b_0=713,75$; $b_1=-164$; $b_2=8,75$; $b_{12}=3,75$.

Поскольку b_2 и b_{12} статистически незначимы по сравнению с b_0 и b_1 , можно записать:

$$P = P_0 + \alpha(|\Delta u_{10}| - |\Delta u_1|), \quad (4)$$

где P — отдаваемая мощность при заданных пределах изменения входного напряжения $\pm \Delta u_1$; P_0 и Δu_{10} — отдаваемая мощность и пределы изменения входного напряжения в центре эксперимента; α — постоянный коэффициент.

Активно-индуктивная нагрузка

Рассмотрим случай активно-индуктивной нагрузки с $\cos \varphi=0,8$. Полученные ниже результаты справедливы и для других значений нагрузки, в частности, экспериментально проверена нагрузка с $\cos \varphi=0,6$.

Результаты постановки факторного эксперимента и крутого восхождения для условий (2) даны в табл. 5 и 6.

Оптимальные параметры стабилизатора приведены в предпоследней строке табл. 6.

Таблица 5

| Номер эксперимента | c, мкф | x_s , ом | P, вт | $P/\cos \varphi$, ва |
|--------------------|--------|------------|-------|-----------------------|
| 1 | 34 | 112 | 242 | 302,5 |
| 2 | 36 | 112 | 252 | 315 |
| 3 | 34 | 118 | 238 | 298,5 |
| 4 | 36 | 118 | 248 | 310 |

Из сравнения полученных результатов с оптимальными параметрами из табл. 2 следуют выводы:

1. Оптимальная величина активной составляющей нагрузки не зависит от $\cos \varphi$.

2. Оптимальные значения x_s и c при индуктивной нагрузке могут быть получены из соотношений для активной нагрузки

$$x_{su} = x_{sa} \cos \varphi; \quad c_u = c_a / \cos \varphi, \quad (5), (6)$$

где индекс «и» относится к случаю индуктивной нагрузки, а индекс «а» — к случаю активной нагрузки.

Таблица 6

| | с, мкф | x_s , ом | P, вт | P/cosφ, ва |
|-----------------------|--------|------------|-------|------------|
| Основной уровень | 35 | 115 | — | — |
| Интервал варьирования | 1 | 3 | — | — |
| Верхний уровень | 36 | 118 | — | — |
| Нижний уровень | 34 | 112 | — | — |
| Коэффициент регрессии | 5 | —2 | — | — |
| Шаг | 5 | —6 | — | — |
| Реализованный опыт | 40 | 109 | 280 | 350 |
| » | 45 | 103 | 302 | 377,5 |
| » | 50 | 97 | 328 | 401 |
| » | 55 | 91 | 356 | 445 |
| » | 60 | 85 | 388 | 485 |
| » | 65 | 79 | 420 | 525 |
| » | 70 | 73 | 452 | 565 |
| » | 75 | 67 | 472 | 590 |
| » | 80 | 61 | 526 | 657,5 |
| » | 85 | 55 | 576 | 720 |
| » | 90 | 49 | 634 | 792 |
| » | 95 | 43 | 716 | 882,5 |
| » | 100 | 37 | 680 | 850 |

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экспериментов, М., «Наука», 1965.
2. А. С. Гитман, Е. С. Гитман. Выбор оптимальных параметров феррорезонансного стабилизатора методом крутого восхождения. Известия Томского политехнического института, т. 172, 1967.