

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНЫХ ПРУЖИН И ОБОЛОЧЕК РЕЛЕ

Зекцер Д.М., к.т.н., действительный член Инженерной Академии Украины
ООО ЭНТ, Украина, 61002, Харьков, ул. Сумская, 68, тел./факс (0572) 14-02-35

Наведено порівняльний аналіз механічних характеристик струнних та плоских пружин з контактами, їх вплив на масо-габаритні показники реле. Розглянуто питання розрахунку лінзових оболонок, які покращують експлуатаційні властивості реле.

Приведен сравнительный анализ механических характеристик струнных и плоских пружин с контактами, их влияние на массо-габаритные показатели реле. Рассмотрены вопросы расчета линзовых оболочек, улучшающих эксплуатационные свойства реле.

В настоящее время ведущие мировые релейные фирмы выпускают, в основном, струнные электромагнитные реле, имеющие проволочные контактные пружины вместо плоских контактодержателей. Подвижная контактная пружина реле изготавливается из нейзильберовой проволоки диаметром 0,58 мм и запрессовывается в пакеты из пластмассы.

Лаборатория Белл совместно с фирмой Вестерн Электрик К° разработали плоские реле типа AF, AK, AG, японская фирма ОКИ выпустила реле WA, WK, WJ, WG, WM, а немецкая фирма СЭЛ: BB, BC, BD, BE (рис.1) – все струнного типа.

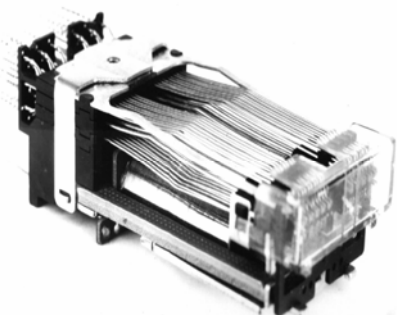


Рис. 1

В отличие от релейных заводов СНГ, которые выпускают только реле с плоскими контактными пружинами, иностранные фирмы выбрали конструктивное решение с проволочными контактными пружинами из-за ряда существенных преимуществ:

- все проволочные контактные пружины выполнены из калиброванной проволоки и поэтому все контактные группы реле имеют одинаковые механические характеристики. Плоские контактные пружины штампуются из листа или ленты и поэтому их толщина разная, что влияет на контактное нажатие или давление, на необходимую МДС срабатывания;
- диаметр контактной проволочной пружины в несколько раз меньше ширины соответствующей плоской пружины. В связи с этим количество контактных групп у струнных реле доходит до шестидесяти;
- увеличение количества контактных групп, расположенных на реле, позволяет уменьшить высоту реле и этим решить вопрос о применении реле для печатных плат;
- одна плоская пружина заменена двумя параллельно расположенными проволоками с контактами на конце и поэтому не дают вибрации, так как для обрыва

электрической цепи оба контакта пары должны разомкнуться одновременно.

С целью удобства анализа практических преимуществ струнных реле и определения их размеров, в табл. 1 приведены основные расчетные соотношения [1] для контактных групп с плоскими и круглыми пружинами.

Таблица 1

Наименование характеристики	для плоской пружины	для круглой пружины
Максимальный прогиб, мм	$y_i = \frac{2}{3} \cdot \frac{l^2}{h} \cdot \frac{K_a}{E}$	$y_i = 0,667 \cdot \frac{l^2 \cdot K_a}{d \cdot E}$
Толщина / диаметр пружины, мм	$h = \frac{2}{3} \cdot \frac{l^2 \cdot K_a}{E \cdot y}$	$d = 0,667 \cdot \frac{l^2 \cdot K_a}{y \cdot E}$
Наибольшая допустимая нагрузка, Г	$F_i = \frac{b \cdot h^2}{6 \cdot l} \cdot K_a$	$F_i = \frac{\pi \cdot d^3}{32 \cdot l} \cdot K_a$

В этой таблице обозначено: E – модуль упругости, кг/мм²; d – диаметр пружины, h – толщина пружины, l – расстояние точки приложения силы от места крепления пружины; b – ширина пружины; K_a – допустимое напряжение на изгиб, кг/мм².

Например, в случае замены плоских контактных пружин с шириной 3,5 мм и толщиной 0,5 мм, длиной 61 мм, выполненной из нейзильбера марки МНЦ15-20, имеющей $E=12000$ кг/мм², $K_a=15$ кг/мм² струнной пружины при условии сохранения большего допустимого изгиба 6,23 мм, обеспечивающего перекрытие воздушного зазора или раствора контактов, их контактного нажатия и совместного хода или провала, диаметр проволоки будет определяться формулой:

$$d = 0,667 \cdot \frac{l^2 \cdot K_a}{y_i \cdot E} = \frac{0,667 \cdot 61^2 \cdot 15}{6,23 \cdot 12000} = 0,58 \text{ мм}$$

Следовательно, контактная проволока занимает в 7 раз меньше места по сравнению с плоской контактной пружиной при условии обеспечения всех тех же механических характеристик. Увеличение толщины плоской пружины с целью уменьшения ширины этой пружины, не уменьшая момент сопротивления прямоугольного сечения:

$$W_z = b \cdot h^2 / 6$$

приводит к уменьшению допустимого максимального прогиба плоской пружины и, следовательно, снижению

всех механических характеристик контактной группы и даже к замыканию контактов.

На рис. 2 приведено фото опытного образца первого отечественного струнного реле, у которого струны выполнены из нейзильбера МНЦ15-20, а контакты приварены лазерной сваркой.

В настоящее время практически все реле выполняются с прозрачной оболочкой или футляром с целью защиты контактных групп от механических повреждений, разрегулировки, попадания инородных тел и пыли в зазор или раствора между контактами при транспортировке между цехами завода или до заказчика.

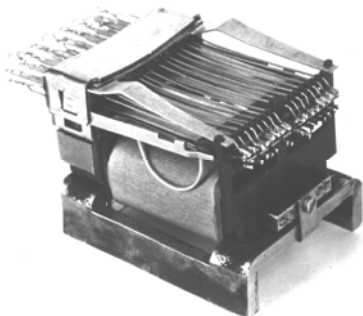


Рис. 2

Часто оболочка закрывает только контактный набор, что предотвращает попадание испаряющихся органических веществ пропитанной обмотки реле между контактами.

Для облегчения и ускорения эксплуатации реле целесообразно увеличить видимость состояния контактов и зазора или раствора между ними, а также совместный ход или провал между контактами. Обычно зазор между контактами – 0,3-1,8 мм, а совместный ход – 0,2-1,2 мм.

Для этого поверхность оболочки, расположенной против контактов делают в виде собирающей плосковыпуклой линзы. Внутреннюю поверхность линзы можно рассматривать как сферическую поверхность бесконечно большого радиуса.

Приведем графическое пояснение работы такой линзы (рис. 3). Расстояние от оптического центра линзы «O» до места размещения контактной группы, которая располагается между фокусом и линзой, обозначено через «a». Расстояние от этого центра до мнимого, прямого и увеличенного изображения контактной группы через «a'».

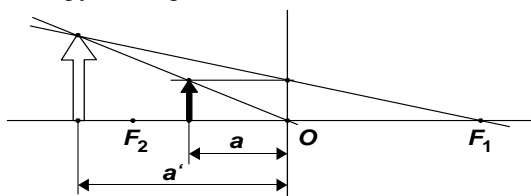


Рис. 3

Очевидно, линейное увеличение определяется формулой: $\gamma = a' / a$.

Обычно размеры контактной группы определяют размер линзы, которая не должна увеличивать габариты реле и не препятствовать установке следующего ряда контактных групп, если контактные группы реле расположены в несколько этажей (рис. 4).

Известно, что фокусное расстояние определяется выражением [2]:

$$F = \frac{1}{(n-1) \cdot (1/r_1 + 1/r_2)},$$

где n – показатель преломления вещества линзы (1,35-1,71); r_1 и r_2 – радиусы линзы. В нашем случае $r_2 = \infty$, поэтому $F = r_1 / (n-1)$.

Материал линзы должен быть прозрачным с самозатухающими свойствами. Этим требованиям особенно удовлетворяет трудновоспламеняемый ацетилцеллюлозный этрол марки АЦЭ-4ЭТВ.

Обычно для оболочек реле используют целлюлозу, коэффициент преломления которой равен 1,54, в этом случае зависимость радиуса линзы от фокусного расстояния существенно упрощается – $r_1 = 0,54 \cdot F$.

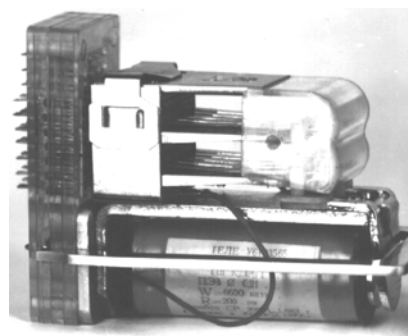


Рис. 4

Фокусное расстояние может быть определено из выражения [3], которое обычно используется для инженерных расчетов:

$$\gamma = D / F + 1 - l / F,$$

откуда

$$F = (D - l) / (\gamma - 1),$$

где l – расстояние от глаза наблюдателя до линзы (обычно 200 - 240 мм); D – расстояние наилучшего видения от глаза наблюдателя до изображения (обычно 250 мм при хорошем освещении и нормальном глазе); γ – увеличение линзы (в большинстве случаев задается $\gamma = 2$).

Следовательно: $F = D - l = 250 - 220 = 30$ мм; $r_1 = 0,54 \cdot 30 = 16,2$ мм

Однако коэффициент преломления обычно меньше табличной величины, указанной для данного материала, из-за влияния технологического процесса изготовления линзы, особенно температуры, а также допусков и отклонений от идеальной формы сегмента. Практически получается: $r_1 = 0,35 \cdot 30 \approx 10$ мм

Поэтому крепление оболочки, выполненной в виде линзы, иногда регулируют, для чего стойка крепления оболочки имеет ряд отверстий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Витенберг М.И. Расчет электромагнитных реле. – М.: Энергия, 1966. – 723 с.
- [2] Мальцев М.Д., Каракунина Г.А. Прикладная оптика и оптические измерения. – М.: Машиностроение, 1968. – 471с.
- [3] Сперанская Г.А., Тарутин Л.И. Оптические свойства полимеров. – Л.: Химия, 1976. – 136 с.

Поступила 06.05.2003