

В.И. Гуревич (Харьков)
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕРКОТРОНОВ

Геркотроны - новые аппараты, представляющие собой электромагнитные реле на герметизированных магнитоуправляемых контактах с высоковольтной (свыше 6 кВ) изоляцией между входом и выходом.

Геркотроны предназначены для передачи дискретных команд управления, защиты и сигнализации в мощной радиоаппаратуре, в рентгеновских и электрофизических установках, в силовой преобразовательной технике и т.п.

Несмотря на большое разнообразие конструкций геркотронов, известных в настоящее время [1-4], все они могут быть разделены на два основных типа: с коаксиальным (К) (рис. 1, а, где 1 - антикоронирующая насадка; 2 - обмотка возбуждения; 3 - изолятор; 4 - ферромагнитный экран; 5 - внешний слой изоляции; 6 - выводы, выполненные в/в кабелем; 7 - ферромагнитный сердечник обмотки возбуждения) и продолжным (П) (рис. 1, б) расположением обмотки и геркона. В связи со сложностью картины электрических и магнитных полей в геркотроне и отсутствием единой теоретической концепции, на основе которой можно было бы получить основные расчетные соотношения, последние получены путем аппроксимации с преобразованием переменной [5] графических зависимостей; построенных по результатам экспериментальных исследований на моделях с герконами КЭМ-2 и КЭМ-3.

Основными исходными параметрами, определяемыми обычно заказчиком, являются рабочее напряжение между входом и выходом U_p и ток срабатывания $I_{ср}$. Параметры коммутации зависят от типа применяемых герконов и могут быть существенно увеличены включением геркона в цепь управления тиристорного ключа [2]. Остальные параметры являются вторичными и зависят от исходных. С учетом этого нами получены расчетные соотношения, позволяющие по заданным значениям $U_p = 10 \dots 100$ кВ и $I_{ср} = 0,01 \dots 1,0$ А определять все остальные параметры.

1. Толщина изоляции

Выражения получены с учетом допустимой напряженности электрического поля для различной для каждого типа системы электродов в изоляции тип полиэтилена, полистирола (рис. 2):

$$\delta_k = 3(e^{0,023U_p} - 1),$$

$$\delta_n = 0,12U_p.$$

(1)

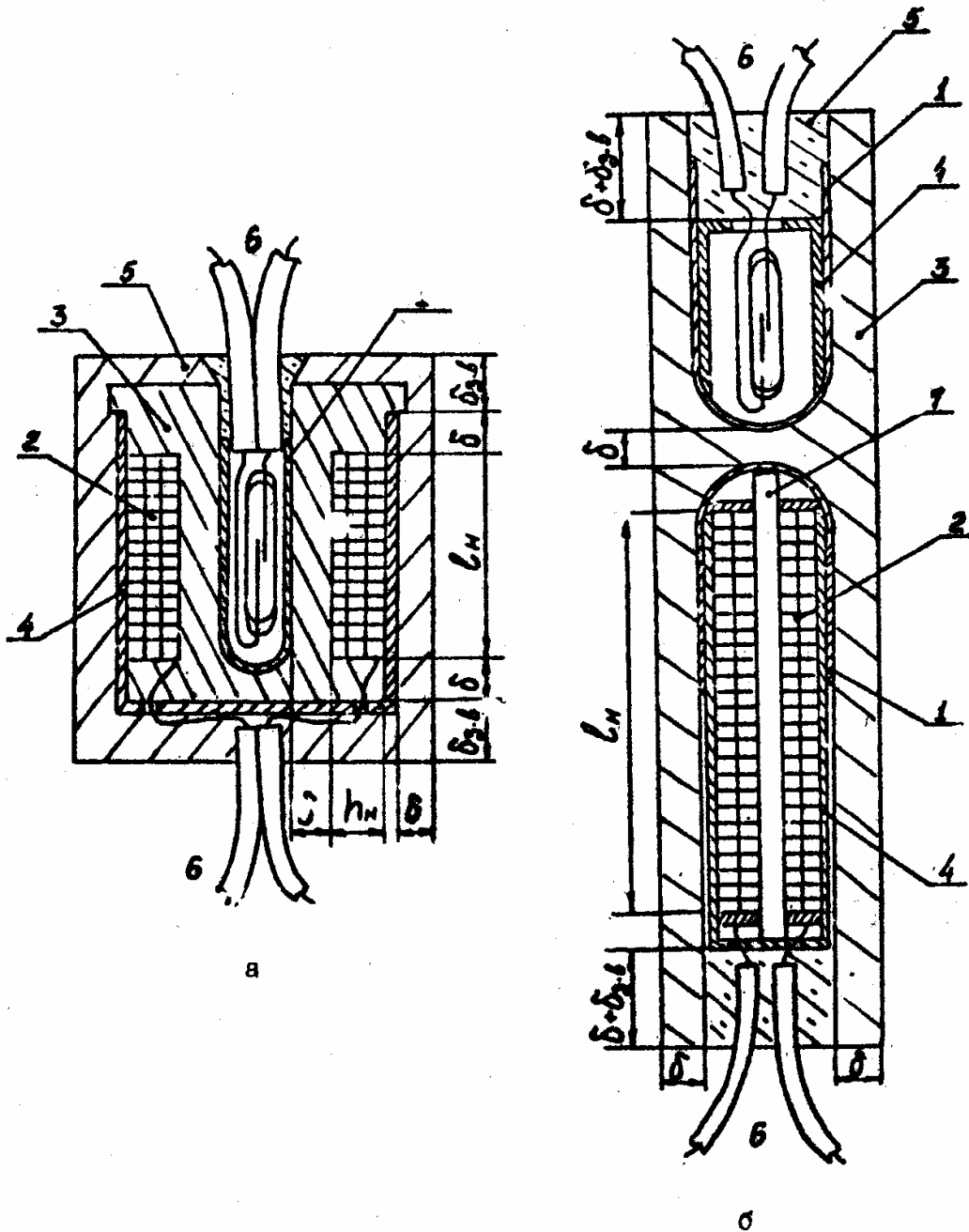


Рис. I

2. Критический диаметр ферромагнитного экрана на гермоне

Ферромагнитный экран на гермоне служит для повышения помехоустойчивости герктрона, однако он шунтирует магнитное поле в области геркона и уменьшает чувствительность устройства. Критический диаметр — это минимальное значение диаметра ферромагнитного экрана, при котором уже не происходит уменьшение чувствительности герктрона

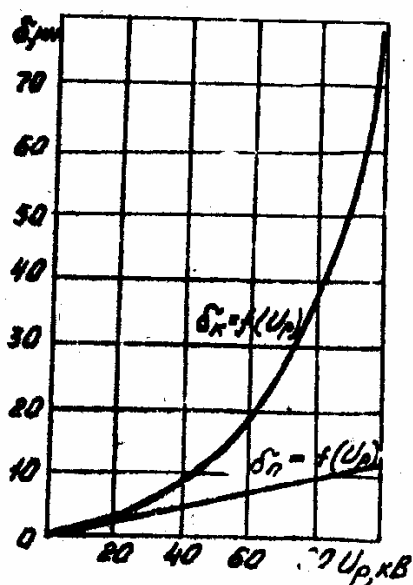


Рис. 2

II-типа.

$$d_{\text{экв}} = e \sqrt{0,46\delta_n + 8,5} \quad (2)$$

3. Число витков обмотки возбуждения

Выражения получены для значения м.д.с. срабатывания 150 А, что соответствует максимальному значению для герконов типа КЭМ-3 при коэффициенте запаса

$$K_3 = 1,5.$$

$$W_k = \frac{3,66 e^{0,0233U_p} + 144,28}{I_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

$$W_n = \frac{67,5}{I_{\text{ср}}} (0,012U_p + 1,44)^4.$$

4. Толщина изоляции обмотки возбуждения

Формулы получены с учетом применяемых на практике сечений обмоточных проводов, коэффициентов заполнения и коэффициента укладки провода.

$$h_{\text{НК}} = 0,298 \left[8,87 - 0,16 \left(\frac{U_p - 30}{10} \right)^2 \right] \exp \left(\frac{1}{5,6 I_{\text{ср}} + 0,625} \right),$$

$$h_{\text{НП}} = 3,5 \exp \left(\sqrt{0,055U_p + 8,5} \right) - 3 \quad (4)$$

5. Внешняя длина геркотронов

Выражения получены с учетом того обстоятельства, что при малых рабочих напряжениях (до 20 кВ) длина определяется лишь размерами внутренних элементов (длиной геркона и обмотки возбуждения, толщиной слоев изоляции и заделки выводов), а при более высоких напряжениях - максимальной допустимой напряженностью электрического поля вдоль внешней поверхности геркотронов (с учетом электрической прочности изоляции выводов).

$$L_k = \exp(5 \cdot 10^{-5} U_p^2 + 1,92)^2, \quad (5)$$

L_n определяется по номограмме (рис. 3).

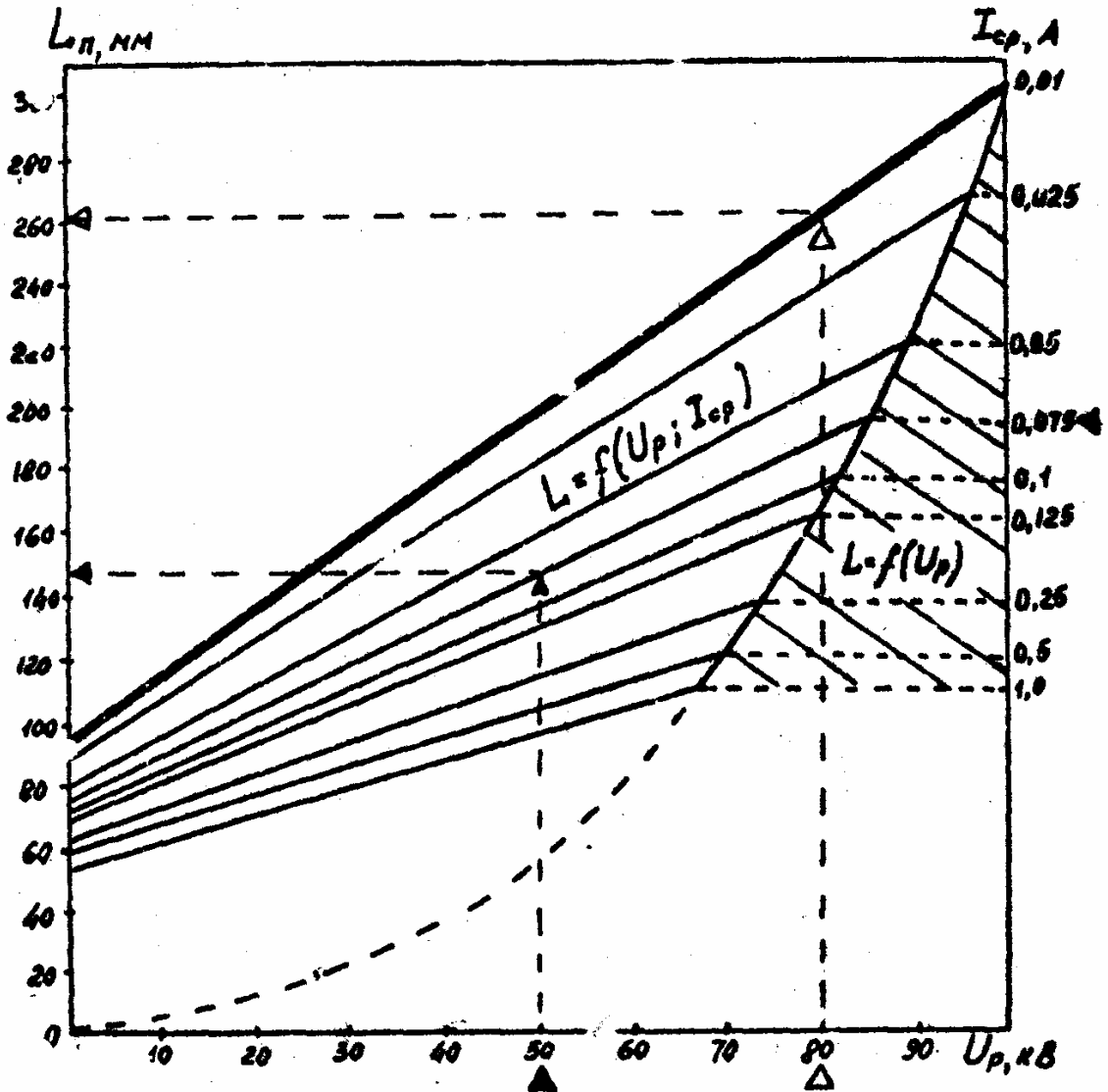


Рис. 3

6. Внешний диаметр геркотронов (рис. 4)

Выражения получены с учетом распределения обмотки возбуждения вдоль всей доступной длины корпуса геркотрона. При этом на магнито-проводящие выводы геркона в конструкции К-типа предполагается на-прессовка ферромагнитных втулок (позиция 3 на рис. 5, где 1 - геркон; 2 - ферромагнитный экран; 3 - ферромагнитные втулки, напрессованные на магнитоц.водящие выводы геркона), обеспечивающих участие всех витков удлиненной обмотки в создании результирующего магнитного поля, воздействующего на геркон.

$$D_K = 2R_r^k = 2(3e^{0,023U_p} + 0,12U_p + h_{нк}),$$

$$D_n = 2R_r = \exp(\sqrt{0,055U_p + 8,5}) + 0,24U_p. \quad (6)$$

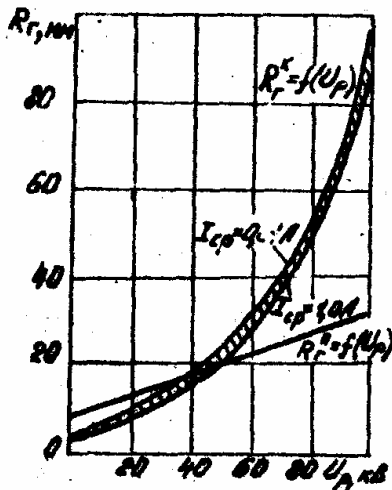


Рис. 4

7. Время трогания контактов

Расчетные формулы получены аналитическим путем с промежуточным определением проводимостей отдельных магнитных потоков системы К-типа (рис. ...) и суммарной магнитной проводимости G_x :

$$G_x = \frac{1}{\frac{1}{G_1 + G_2 + G_3} + \frac{1}{G_4 + G_5}} + G_6. \quad (7)$$

Ввиду большой громоздкости выражения для результирующей магнитной проводимости его практическое применение полностью исключается. Упрощение этой зависимости было выполнено следующим образом. Была оставлена

программа и выполнен расчет на ЦМ значений G_x для ряда фиксированных переменных. По результатам расчета построена зависимость $G_x = f(U_p; I_{cp})$, которая в свою очередь аппроксимирована стандартными приемами линеаризации с преобразованием переменной [5].

Для герметрона П-типа аналитическим путем получено выражение, позволяющее рассчитывать индуктивности многослойной цилиндрической катушки с цилиндрическим ферромагнитным сердечником

$$L = \frac{0,08 D_H^2 W^2}{L_H + 3D_H + 10h_H} 10^{-6}, \text{ Г} \quad (8)$$

при $\mu_H \geq 500$, где D_H - средний диаметр катушки.

В результате получены достаточно простые выражения

$$t_{тр.к} = \left[4 \cdot 10^{-5} (0,25U_p^2 - 1,5U_p + 32,5) + 2 \cdot 10^{-4} \right] \ln \frac{K_2}{K_3 - 1},$$

$$(t_{тр.к} = 0,1 \dots 6,0 \text{ мс}) \quad (9)$$

$$t_{\text{т.р.н}} = \ln \frac{\kappa_2}{\kappa_3 - 1} \cdot e^{-[(5,73 - 0,0194U_p) + (0,72 - 0,72I_{\text{ср}})^{2,5}]}$$

($t_{\text{т.р.н}} = 0,35 \dots 25,3 \text{ мс}$).

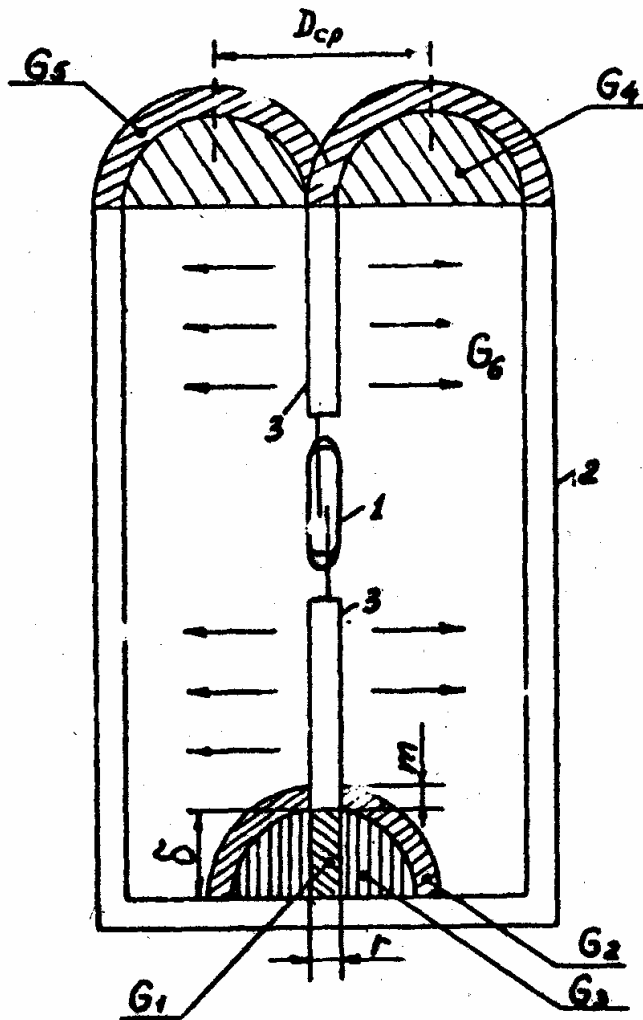


Рис. 5

Бвиду существенной нелинейности всех исходных экспериментальных зависимостей и многократной аппроксимации в промежуточных вычислениях точность расчетов по приведенным формулам не превышает $\pm 20 \dots 40\%$, что, однако, является достаточным для инженерных расчетов на стадии проектирования.

Л и т е р а т у р а

1. Гуревич В.И. Высоковольтные слаботочные коммутрующие устройства на герконах. - Электротехническая промышленность. Сер. Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы, 1981, вып.3 (116), с.16-18.
2. Гуревич В.И., Христонов Е.Л. Герко-роны. - Лотник связи, 1983, №6, обложка.
3. А.с. 836704 (СССР). Высоковольтное вакуумное реле /В.И.Гуревич. - Оpubл. в Б.И. №21, 1981.
4. А.с. 1007143 (СССР). Герконовое реле / В.И.Гуревич. - Оpubл. в Б.И. №11, 1983.
5. Эрэнберг А. Анализ и интерпретация статистических данных: Пер. с англ. / Под ред. А.А.Рывкина. - М.: Финансы и статистика, 1981. - 406 с.