



ПРИМЕНЕНИЕ ЭВП И ГРП В АППАРАТУРЕ

УДК 621.388.933

В. И. Гуревич, П. И. Савченко,
В. В. Кривцов

Методы коррекции параметров геркотронов

Рассмотрены методы регулирования порога срабатывания и температурной компенсации параметров геркотронов — новых устройств защиты и дистанционного управления мощными электровакуумными приборами.

Методы регулирования порога срабатывания геркотронов

Первые образцы геркотронов [1—3] выполнялись нерегулируемыми. Однако значительные разбросы параметров геркотронов, а также нестабильность параметров самих защищаемых объектов (мощные электровакуумные СВЧ-приборы, рентгеновские трубки и т. п.)

или цепи, в которую они включены, привели к необходимости выполнения геркотронов с регулируемым порогом срабатывания с целью коррекции их параметров непосредственно в конкретных условиях эксплуатации.

В настоящее время разработано несколько принципов регулирования порога срабатывания геркотронов (рис. 1).

Способ регулирования с аксиально перемещающимся герконом реализован в конструкции, предназначенной для работы при напряжении до 50 кВ. Устройство содержит в простейшем случае два отдельных герметизированных изолятора, в одном из которых (неподвижном, в форме стакана) запрессована обмотка возбуждения, а в другом (подвижном, в форме штыря) — геркон. Кроме того, имеется узел сочленения изоляторов (резьба или шпонка) и узел фиксации их взаимного положения.

Устройства, построенные на таком принципе, отличаются простотой и возможностью создания многоканальных геркотронов с независимым регулированием по каждому каналу.

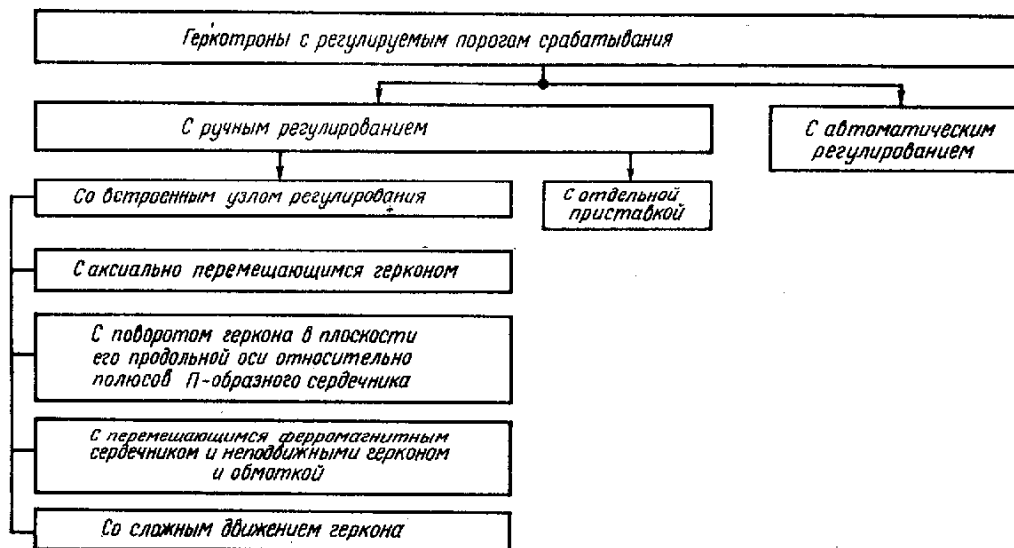


Рис. 1. Классификация принципов регулирования порога срабатывания геркотронов

Регулировочная характеристика при таком методе регулирования получается нелинейной и описывается выражениями:

$$I_{cp} = 0,021 (l/10)^3 + 0,42; \quad (1)$$

с ферромагнитным экраном

$$I_{cp} = 0,258 (l/10)^2 + 0,53, \quad (2)$$

где l — расстояние между центрами обмотки и геркона.

Недостатки таких устройств заложены в самом принципе регулирования. Для обеспечения достаточного диапазона регулирования геркон должен выходить за пределы обмотки и ферромагнитного экрана, одетого на ней. При этом возможно резкое снижение помехоустойчивости устройства в условиях воздействия интенсивных электромагнитных полей. Устранить этот недостаток можно, либо значительно увеличив длину ферромагнитного экрана (а, следовательно, и неподвижного изолятора), либо применив дополнительный ферромагнитный экран, перемещающийся вместе с подвижным сердечником и образующий вместе с неподвижным экраном на обмотке сплошную зону эффективного экранирования во всех положениях подвижного изолятора [4]. Однако при этом существенно возрастает занимаемый устройством объем, что в ряде случаев ограничивает применение такого метода.

Метод регулирования порога срабатывания, реализуемый поворотом геркона в плоскости его продольной оси относительно полюсов П-образного сердечника обмотки, целесообразно использовать в конструкциях (рис. 2), предназначенных для работы при напряжениях свыше 50 кВ, так как при таком расположении элементов геркотрон неизбежно будет иметь увеличенный (по сравнению с рассмотренным выше вариантом) диаметр, минимальное значение которого равно длине геркона плюс удвоенное значение толщины стенки изолятора. Это позволяет увеличить диаметр электростатических экранов на герконе и обмотке, что, в свою очередь, дает возможность уменьшить напряженность электрического поля между ними. Применение такого метода регулирования при более низких рабочих напряжениях нецелесообразно, так как при этом объем устройства не может быть заметно уменьшен, а это приводит к диспропорции между уровнем рабочего напряжения и габаритами.

Регулировать порог срабатывания геркона можно также путем перемещения ферромагнитного сердечника при неподвижных обмотке и герконе. Подключение геркона и обмотки к неподвижным внешним элементам с помощью высоковольтного кабеля обеспечивает их неподвижность, что является преимуществом такого метода регулирования. Однако практи-

чески устройство с таким способом регулирования пока не реализовано ввиду значительного усложнения конструкции (с учетом обеспечения высоковольтности устройства)

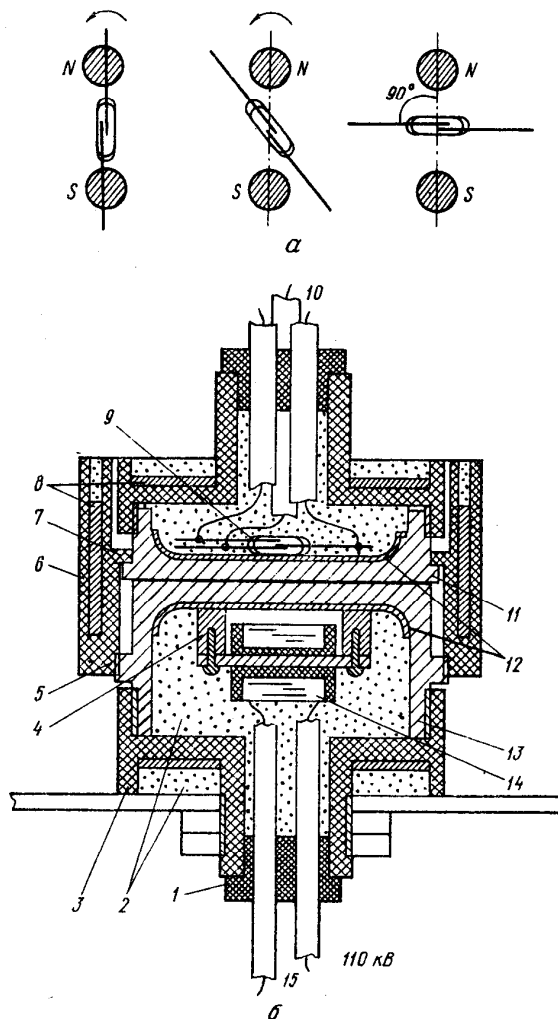


Рис. 2. Геркотрон с регулируемым порогом срабатывания на рабочее напряжение свыше 50 кВ:

а — схема движения геркона; б — конструкция геркотрона: 1 — пробка-фиксатор; 2 — заливочный компаунд; 3 — крышка изолятора; 4 — сердечник; 5 — резьбовое соединение; 6 — кольцо-фиксатор; 7 — узел сочленения изоляторов; 8 — ферромагнитные экраны; 9 — геркон; 10 — высоковольтный кабель типа ПВВ; 11 — подвижный изолятор; 12 — электростатические экраны; 13 — неподвижный изолятор; 14 — обмотка возбуждения

Неподвижность геркона и обмотки сохраняется также в конструкции реле с перемещающимся в торцевой части изолированным постоянным магнитом [5], который создает изменяющийся по величине магнитный поток, не вызывающий срабатывания геркона, но изменяющий общую напряженность магнитного поля в области геркона. Недостатком способа является относительно ограниченный диапазон регулирования порога срабатывания, так как геркон может сработать уже от поля одного

только магнита, что недопустимо; кроме того, имеется опасность «залипания» геркона под действием остаточного поля магнита. Такой способ регулирования может быть рекомендован в простых конструкциях при использовании магнита для заглубления чувствительности, т. е. когда магнитные поля обмотки и геркона направлены встречно.

Способность геркона «залипать» при воздействии поля постоянного магнита может быть использована при создании реле с «памятью», управляемого короткими импульсами тока.

Наиболее перспективным оказался метод регулирования порога срабатывания геркотронов, основанный на использовании сложного движения геркона (рис. 3, а).

ляется базовой для создания целой серии различных реле:

реле со встроенным блоком размножения выходных цепей (до 6 цепей на замыкание);

дифференциальное двухходовое реле;

реле со встроенным блоком управления трехфазным тиристорным пускателем;

реле со встроенными усилителями коммутируемой мощности;

квазианалоговые измерители тока и т. п.

Некоторые дополнительные функциональные возможности при автоматической, а не ручной, как в описанных выше конструкциях, коррекции порога срабатывания дает применение дополнительной обмотки, расположенной непосредственно на герконе в низкочастотной цепи. Дополнительный сигнал на этой

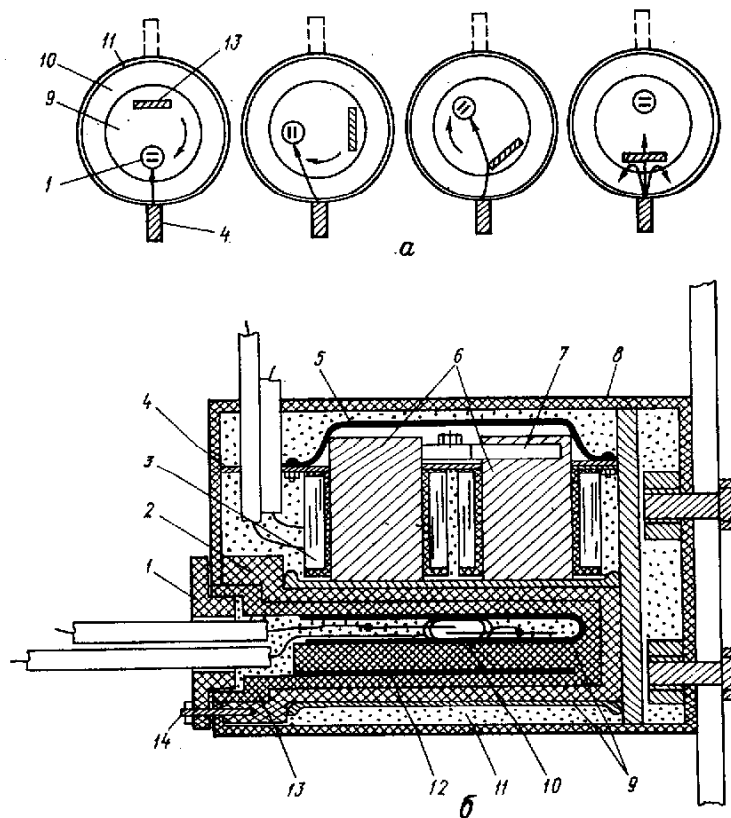


Рис. 3. Геркотрон с регулируемым порогом срабатывания на рабочее напряжение 10—50 кВ:

а — схема движения геркона; б — конструкция геркотрона; 1 — лимб; 2 — неподвижный изолятор; 3 — обмотка возбуждения; 4 — переборка; 5 — крышка отсека; 6 — неподвижный сердечник; 7 — подвижный сердечник; 8 — корпус; 9 — электростатические экраны; 10 — геркон; 11 — заливочный компаунд; 12 — ферромагнитный шунт; 13 — подвижный изолятор; 14 — винт-фиксатор

Конструкция, реализующая этот принцип (рис. 3, б) в диапазоне напряжений от 10 до 50 кВ, обладает наилучшими массогабаритными показателями, чувствительностью и яв-

обмотке может изменяться автоматически в соответствии с требуемым законом, или по командам управляющего устройства, или при изменениях режима работы защищаемого

объекта. Таким образом, срабатывание геркона будет определяться не только уровнем сигнала в высокопотенциальной цепи, но и сигналами, поступающими с низкопотенциальных цепей.

В некоторых случаях требуется применение геркотронов специальных конструкций, обладающих особыми свойствами. Однако создание таких геркотронов с регулируемым порогом срабатывания иногда связано с большими трудностями. Для таких случаев разработана отдельная высоковольтная приставка [6], подключаемая к геркотрону любой конструкции, которая обеспечивает изменение его порога срабатывания в достаточно широких пределах. Габариты такого комплекта существенно превышают габариты геркотрона со встроенным регулятором.

Методы температурной компенсации параметров

При изменении температуры окружающей среды и при постоянном подведенном к обмотке напряжении ток в цепи будет изменяться по известному закону:

$$I = \frac{U}{R_0(1 + \alpha t)}, \quad (3)$$

где R_0 — сопротивление обмотки при $t = 0^\circ\text{C}$; α — температурный коэффициент сопротивления, равный $4,26 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$; t — температура среды.

Расчеты показывают, что в реальных условиях эксплуатации геркотронов в интервале температур от -50 до $+70^\circ\text{C}$ и с учетом температуры перегрева обмотки ток срабатывания геркотрона может изменяться почти вдвое. Поэтому при использовании геркотронов в качестве токовых реле в системах защиты требуются искусственные приемы, компенсирующие воздействие температуры.

Эта задача наиболее просто может быть решена схемным путем, включением в цепь обмотки полупроводниковых сопротивлений с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) — термисторов (при последовательном включении с обмоткой) или с положительным ТКС — позисторов (при параллельном включении с обмоткой). Первое возможно лишь при отсутствии в цепи обмотки сверхтоков, способных вывести из строя полупроводниковые элементы, обладающие малой по сравнению с самой обмоткой перегрузочной способностью, а также при малом значении контролируемых токов из-за ограниченной мощности, рассеиваемой полупроводниковыми элементами. Во втором случае резко падает чувствительность устройства.

Другим решением задачи является использование магнитной системы с автоматически

изменяющейся магнитной проводимостью (рис. 3, б). В этом случае горизонтальная часть П-образного магнитопровода выполняется подвижной (рис. 4) и сочленяется с элементом, обладающим эффектом «памяти» (на основе никелида титана или медных сплавов). Возможно также использование обычного биметалла. Такая конструкция, однако, менее устойчива к воздействию ударов и вибраций.

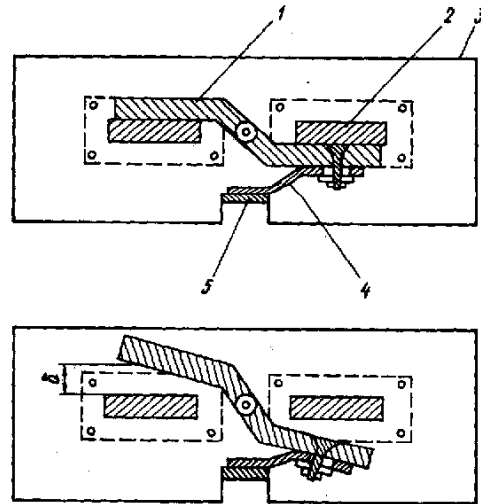


Рис. 4. Конструкция узла температурной компенсации: 1 — подвижный сердечник; 2 — неподвижный сердечник; 3 — переборка; 4 — термочувствительный элемент; 5 — полка

Полное отсутствие подвижных частей обеспечивается в конструкции, основанной на температурном изменении магнитной проницаемости сердечника обмотки управления. Таким свойством обладает сердечник, выполненный

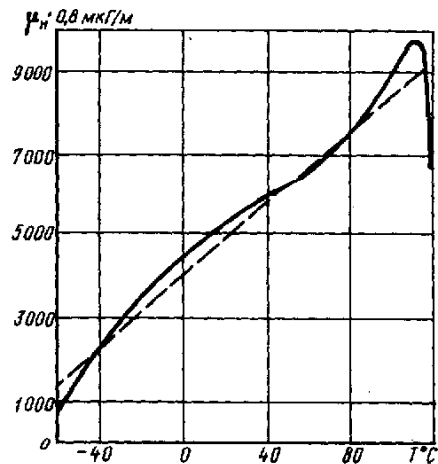


Рис. 5. Зависимость магнитной проницаемости феррита марки 6000NM от температуры

из магнитомягкого высокопроницаемого Mn-Zn феррита, например марки 6000NM (рис. 5). При использовании такого сердечника (или части магнитопровода) одновременно

с пропорциональным изменением сопротивления обмоточного провода при изменении температуры t будет изменяться обратно пропорционально сопротивлению магнитной цепи геркотрона:

$$R_{\mu} = l/S_{\mu}, \quad (4)$$

где l — длина магнитной цепи; S — площадь сечения сердечника; $\mu = f(t)$ — магнитная проницаемость сердечника.

С достаточной для практических целей точностью экспериментальная зависимость

$$\mu = f(t^{\circ}) \quad (5)$$

может быть аппроксимирована выражением

$$0,8\mu = 43,75t^{\circ} + 4000. \quad (6)$$

Тогда выражение (4) можно записать в виде

$$R_{\mu} = \frac{l}{S}(54,69t + 5000)^{-1} \quad (7)$$

Для обеспечения в магнитной системе неизменного магнитного потока

$$\Phi = \frac{IW}{R_{\mu}} = \frac{UW}{ZR_{\mu}}, \quad (8)$$

где I — ток управления; U — приложенное напряжение; W — число витков обмотки управления, должно выполняться соотношение, полученное на основе выражений (3), (7) и (8):

$$UW = k \frac{lR_0(1 + \alpha t)}{S(5000 + 54,69t)}, \quad (9)$$

где $k \sim \Phi$ — постоянный коэффициент, вычисляемый по экспериментальным данным методом наименьших квадратов.

Из выражения (9) может быть получено условие (соотношение между параметрами), при котором обеспечивается неизменность магнитного потока в сердечнике, т. е. независимость порога срабатывания геркотрона от температуры среды. Для этого представим (9) в следующем виде:

$$t = \frac{kIR_0 - 5000UWS}{54,69UWS - kIR_0\alpha} = k \frac{IR_0 - 5000UWS/k}{54,69UWS - kIR_0\alpha}. \quad (10)$$

При условии

$$5000UWS = \frac{1}{lR_0\alpha} = k \quad (11)$$

получим

$$t = k \frac{lR_0 - 1}{54,69UWS - 1}, \quad (12)$$

или

$$\frac{lR_0 - 1}{54,69UWS - 1} = k^{-1}t, \quad (13)$$

откуда видно, что величина k является коэффициентом пропорциональности между параметрами геркотрона и температурой и поэтому не зависит от последней.

Таким образом, если подобрать параметры геркотрона так, чтобы выполнялось условие (11), то будет обеспечена независимость порога срабатывания от температуры.

Рассмотренные выше технические решения позволяют надежно корректировать параметры геркотронов в достаточно широком диапазоне с учетом специфики их конкретного применения и расширить тем самым область их эффективного использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые схемные решения систем управления объектами под высоким потенциалом с применением геркотронов/В. П. Герасимов, В. И. Гуревич, А. Г. Нецаев и др. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Электрофизическая аппаратура. — 1985. — Вып. 22. — С. 33—38.
2. Гуревич В. И., Савченко П. И. Геркотроны — новые устройства дистанционного управления высокопотенциальными цепями // Электронная техника. Сер. 4. Электровакuumные и газоразрядные приборы. — 1984. — Вып. 4(103). — С. 57—59.
3. Гуревич В. И. Основы проектирования геркотронов/Магнитно-полупроводниковые элементы преобразовательной техники // Рязань, Ряз. радиотехнич. ин-т. — 1983. — С. 73—79.
4. А. с. 1196967 (СССР). Высоковольтное коммутационное устройство/В. И. Гуревич, К. К. Намитков и др. // Б. И. — 1985. — № 45.
5. А. с. 1130916 (СССР). Герконовое реле/В. И. Гуревич, А. Г. Мнухин, П. И. Савченко и др. // Б. И. — 1984. — № 47.
6. А. с. 1262591 (СССР). Высоковольтное коммутационное устройство/В. И. Гуревич, П. И. Савченко и др. // Б. И. — 1986. — № 37.

Статья поступила в мае 1987 г.