

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 681.128.6+621.317.733.011.4

Ф. Б. ГРИНЕВИЧ, А. И. НОВИК

(Киев — Фрунзе)

О ПОСТРОЕНИИ ЕМКОСТНЫХ СИГНАЛИЗАТОРОВ УРОВНЯ
С ДВОЙНЫМИ МОСТОВЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ

Для дискретного контроля уровня жидких и сыпучих веществ широко используются емкостные сигнализаторы. Они являются достаточно универсальными приборами и имеют ряд преимуществ перед сигнализаторами уровня других типов.

Действие емкостных сигнализаторов уровня основано на зависимости емкости датчика от электрических свойств среды, окружающей его электроды. Изменение емкости датчика при его погружении в вещество, диэлектрическая проницаемость ϵ которого больше единицы, вызывает появление на выходе электрической измерительной цепи сигнала, используемого затем для контроля и регулирования уровня.

Емкостные сигнализаторы, выпускаемые промышленностью в настоящее время, обладают весьма существенными недостатками, вытекающими из их принципа действия. Измерительная цепь таких сигнализаторов представляет собой генератор, работающий на пороге возбуждения. Увеличение емкости колебательного контура при погружении датчика в контролируемую среду приводит к срыву колебаний, что вызывает резкое увеличение тока, потребляемого генератором, и срабатывание реле [1—4]. Основным недостатком таких приборов является то, что из-за принципа их действия невозможно обеспечить стабильную работу сигнализатора при контроле уровня веществ с малыми значениями диэлектрической проницаемости, когда относительные изменения рабочей емкости датчика очень малы и составляют десятки процентов. Причины заключаются в следующем.

Полная емкость колебательного контура автогенератора может быть представлена в виде суммы двух составляющих, одна из которых — рабочая емкость C_p , изменяющаяся при погружении в вещество в ϵ раз (при оголенных электродах датчика), а другая — паразитная емкость C_n , в которую входит емкость подстроечного конденсатора, емкость вводов электродов датчика, емкость монтажа, межвитковая емкость катушки колебательного контура и т. д. В связи с тем, что паразитная емкость C_n , как правило, существенно больше рабочей емкости C_p (в десятки раз), то очевидно, что относительное изменение полной емкости контура при погружении датчика значительно меньше, чем изменение C_p . Это приводит к необходимости повышения чувствительности устройства и очень точной его настройки на срыв колебаний. Однако из-за большой неустойчивости паразитной емкости C_n при высокой чувствительности устройства возможны ложные срабатывания или полное нарушение работы прибора.

Ложные срабатывания устройства могут происходить и за счет неустойчивости параметров других элементов генератора, в первую очередь — электронных ламп или полупроводниковых триодов. Особенно существенно влияние паразитной емкости при подключении датчика к измерительной цепи посредством соединительного кабеля, по-

скольку отношение $\frac{C_n}{C_p}$ при этом еще больше возрастает (в сотни раз). В связи с этим разьединение датчика и измерительной цепи в таких сигнализаторах в большинстве случаев практически невозможно, и датчик выполняется в одном блоке с измерительной цепью. Это создает большие неудобства при конструировании и эксплуатации емкостных сигнализаторов уровня и существенно сужает область их применения.

Отмеченные факторы приводят к тому, что выпускаемые емкостные сигнализаторы уровня пригодны лишь для контроля уровня сред с $\epsilon > 3-5$, причем требуется периодическая подстройка измерительной цепи. Экспериментальная проверка подтвердила, что подобные приборы практически непригодны для контроля уровня веществ с

низкими значениями ϵ (например, гранулированного или порошкообразного полиэтилена, у которого $\epsilon=1,2-1,6$). Поэтому появилась необходимость в разработке более совершенных емкостных сигнализаторов уровня.

Как показали исследования, указанные выше недостатки можно исключить, если изменения емкости датчика определять с помощью двойной мостовой цепи с тесной индуктивной связью [5, 6]. При этом достигается практически полное исключение влияния паразитных емкостей на состояние равновесия измерительной цепи, за счет чего может быть существенно повышена чувствительность сигнализатора, расширен диапазон контролируемых веществ, повышена стабильность и надежность работы. Датчик сигнализатора может быть вынесен на значительное расстояние от измерительной цепи. Благодаря тому, что паразитные емкости практически не влияют на состояние равновесия измерительной цепи, емкость датчика сигнализатора C_p может быть выбрана небольшой, за счет чего могут быть существенно уменьшены габариты датчика.

Авторами разработан емкостный сигнализатор, схема которого приведена на рис. 1. Измерительная цепь представляет собой двойной мост с тесной индуктивной связью. Секции обмотки L_1 контура генератора (триод T_1) выполняют также роль индуктивных плеч сравнения напряжения. Обмотки L_2 и L_3 являются индуктивными плечами сравнения токов; с обмотки L_4 снимается напряжение неравновесия. В одно из плеч измерительной цепи включен датчик, состоящий из двух электродов и подключаемый к схеме посредством двух экранированных проводов или отрезков кабеля. Применение двойной мостовой цепи позволяет обеспечить надежную работу сигнализатора даже при очень малой (менее 1 нФ) рабочей емкости датчика C_p . При этом емкость образцового конденсатора C_4+C_5 составляет $50-100 \text{ нФ}$, благодаря чему оказывается возможным использовать в качестве образцового элемента серийный конденсатор (например, слюдяной конденсатор типа КСО) и обеспечить предварительную настройку мостовой цепи посредством обычного триммера.

Сигнал неравновесия измерительной цепи через двухкаскадный усилитель $У$ поступает на выпрямитель (диод D) и затем на базу триода T_2 . Если постоянное напряжение на входе этого триода превышает порог запирающего, определяемый делителем R_4-R_5 , то триод T_2 и связанный с ним триод T_3 опираются, реле P срабатывает и замыкает цепь сигнальной лампочки L .

Кратко рассмотрим влияние паразитных емкостей на работу устройства. Как видно из схемы, паразитные емкости электродов датчика на землю $C_{п1}$ и $C_{п2}$ (сюда входят также емкости соединительных проводов или кабелей, емкости отдельных элементов измерительной цепи на экран, межвитковые емкости обмоток) не включены в плечи измерительной цепи. Емкость $C_{п1}$ шунтирует обмотку L_1 . При тесной индуктивной связи между секциями обмотки L_1 емкость $C_{п1}$ не влияет на соотношение напряжений, действующих в этих секциях. Она лишь создает дополнительную нагрузку на генератор. Емкость $C_{п2}$ шунтирует обмотку L_3 . Однако при равновесии на этой обмотке (как и на L_2 и L_4) падение напряжения практически равно нулю. Поэтому емкость $C_{п2}$ не влияет на состояние равновесия измерительной цепи. Таким образом, влияние паразитных емкостей практически не сказывается на работе данного сигнализатора уровня. В отличие от известных емкостных сигнализаторов нестабильность параметров усилительного тракта (усилитель $У$, триоды T_2, T_3) не приводит к нарушению работы устройства, а лишь несколько изменяет чувствительность прибора к изменению емкости датчика. Рациональным выбором величины коэффициента усиления и величины порога срабатывания можно легко добиться того, что изменения параметров тракта даже в широких пределах практически не будут влиять на работоспособность и технические характеристики сигнализатора.

В разработанном сигнализаторе датчик выполнен в одном блоке с измерительной цепью, генератором, усилителем $У$ и триодом T_2 . Триод T_3 вместе с реле P и источником питания размещен в другом блоке, который может быть отнесен от датчика на расстояние $400-500$ и более метров. Без изменений в схеме собственно датчик может быть вынесен на $3-5 \text{ м}$ от измерительной цепи (соединение осуществляется двумя экранированными проводами, например отрезками коаксиального кабеля). При необходимости расстояние выноса датчика от измерительной цепи может быть существенно увеличено (до нескольких десятков метров). При этом потребуются принципиальные изменения схемы сигнализатора — увеличение мощности генератора, повышение усиления. Однако чувствительность и стабильность работы сигнализатора с вынесенным датчиком остаются высокими.

Всесторонние испытания действующего макета описанного сигнализатора показали, что прибор работает надежно, если диэлектрическая проницаемость среды $\epsilon=1,2-1,6$ и выше; температура окружающей среды от -40 до $+50^\circ\text{C}$ при влажности 100% для блока измерительной схемы и датчика, от $+10$ до $+35^\circ\text{C}$ для блока питания; колебания напряжения питания от -30 до $+15\%$.

Во всех случаях погрешность контроля уровня не превышает $\pm(2-3) \text{ мм}$. Внешний вид сигнализатора показан на рис. 2.

Описанная схема может быть применена не только в сигнализаторах уровня, но и в других приборах, в которых необходимо получать сигнал об изменении простран-

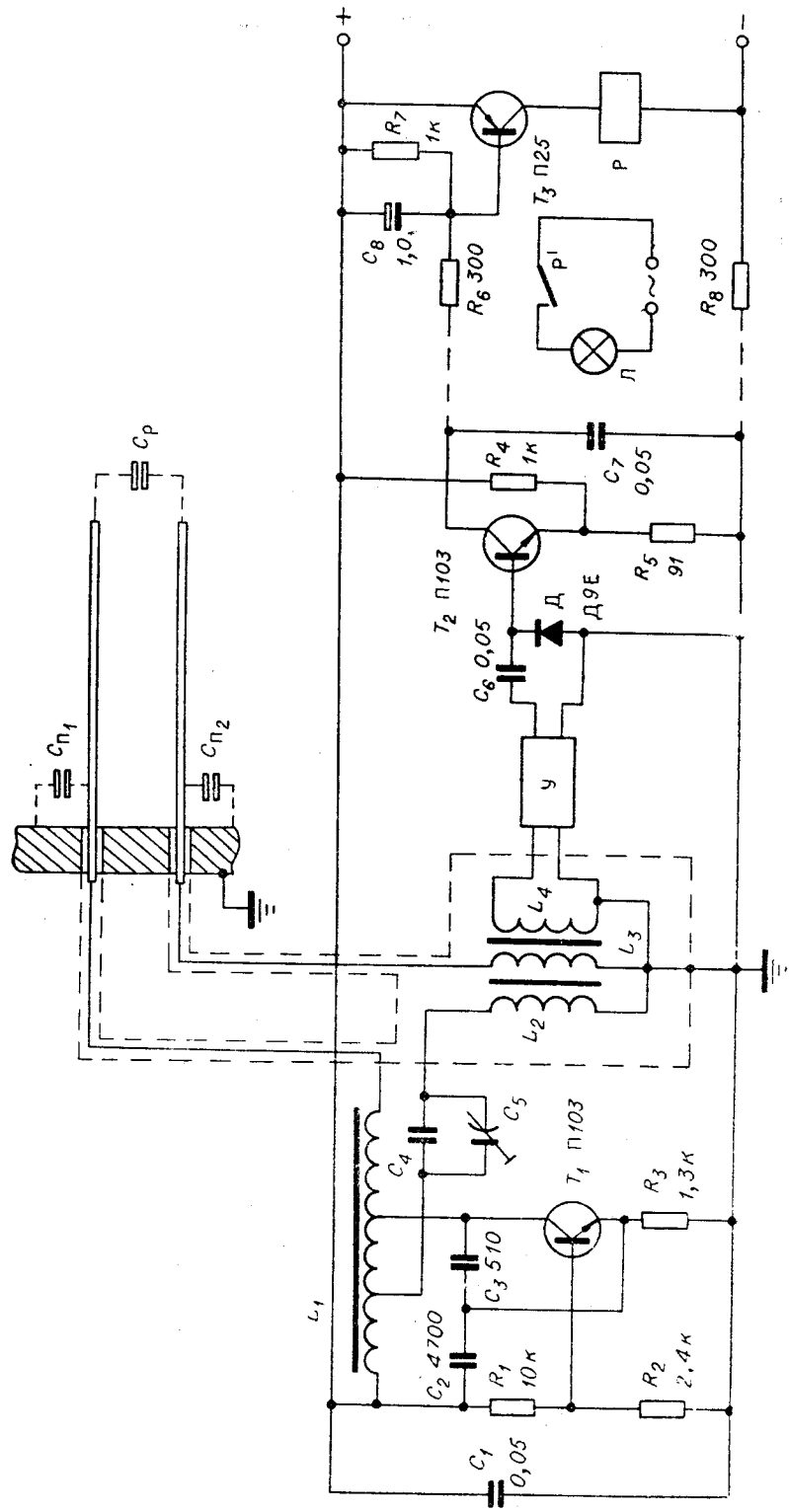
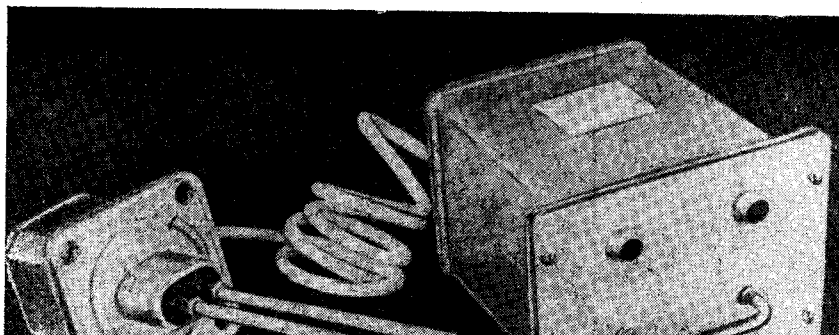


Рис. 1.



ственного расположения предметов (например, для сигнализации о приближении человека к объекту, для предупреждения несчастных случаев при случайном внесении рук в опасную зону некоторых станков и т. п.). При этом датчик сигнализатора выполняется таким, чтобы его электрическое поле занимало значительное пространство

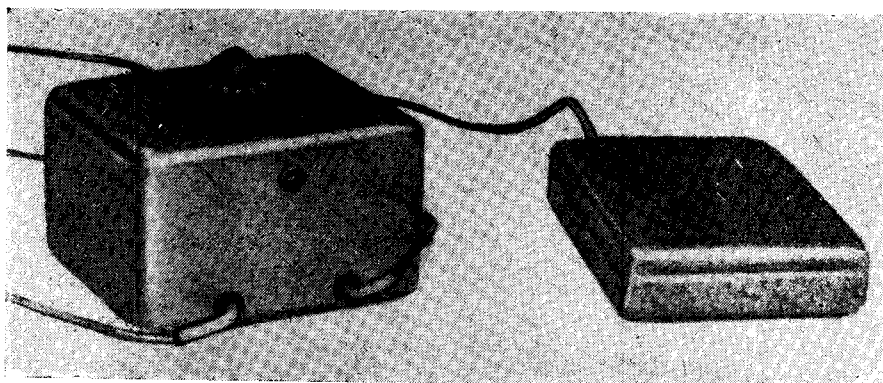


Рис. 3.

(«охраняемую» зону), например в виде двух пластин, расположенных в одной плоскости на некотором расстоянии друг от друга. Благодаря высокой чувствительности и стабильности работы такие сигнализаторы могут с успехом заменить фотореле. На рис. 3 показан макет сигнализатора с большой зоной чувствительности датчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Горбовец. Автоматические устройства для регистрации уровня сыпучих материалов в емкостях. М., Машгиз, 1962.
2. А. И. Черняков. Сигнализатор уровня жидких и сыпучих сред.— Приборостроение, 1959, № 7.
3. А. И. Черняков. Двухпредельный электронный сигнализатор уровня ЭСУ-2.— Приборостроение, 1963, № 9.

4. А. А. Бессонов. Универсальный электронный уровнемер.— ИВУЗ, Приборостроение, 1962, № 2.
5. H. A. Clark, P. B. Vanderlin. Double-ratio a. c. Bridges with Inductively Coupled Ratio Arms.— Proc. IEE, 1949, v. 96, p. III.
6. К. М. Соболевский, Ю. А. Шакола. Защита мостов переменного тока. Киев. Изд-во АН УССР, 1957.

Поступила в редакцию
28 декабря 1965 г.,
окончательный вариант —
11 мая 1966 г.

УДК 621.317.733.025+621.317.33

М. А. АХМАМЕТЬЕВ, Ю. В. ТРОИЦКИЙ
(Ндвосибирск)

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УРАВНОВЕШИВАНИЯ МОСТОВЫХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В настоящее время широко известны следующие методы поиска экстремума [1]: метод Гаусса — Зайделя, метод наискорейшего спуска и метод градиента.

Метод Гаусса — Зайделя применительно к мостовым измерительным цепям заключается в поочередном регулировании уравнивающих параметров p и q . Сначала при неизменном параметре q изменяют параметр p до тех пор, пока напряжение

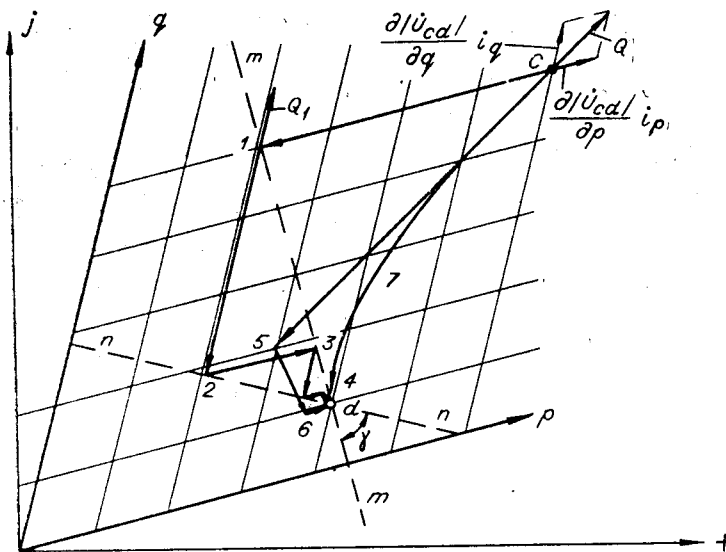


Рис. 1.

неравновесия не достигнет минимума. Затем при постоянном параметре p изменяют параметр q до достижения нового минимума. Регулировка продолжается до тех пор, пока напряжение неравновесия \dot{U}_{cd} не станет равным нулю. Траектория конца вектора \dot{U}_{cd} на топографической диаграмме мостовой цепи при уравнивании по методу Гаусса — Зайделя изображается ломаной линией $c-1-2-3-4-d$ (рис. 1).

Уравнивание по методу Гаусса — Зайделя широко применяется в неавтоматических мостах с амплитудными указателями и начинает использоваться в автоматических мостах [2, 3].