



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

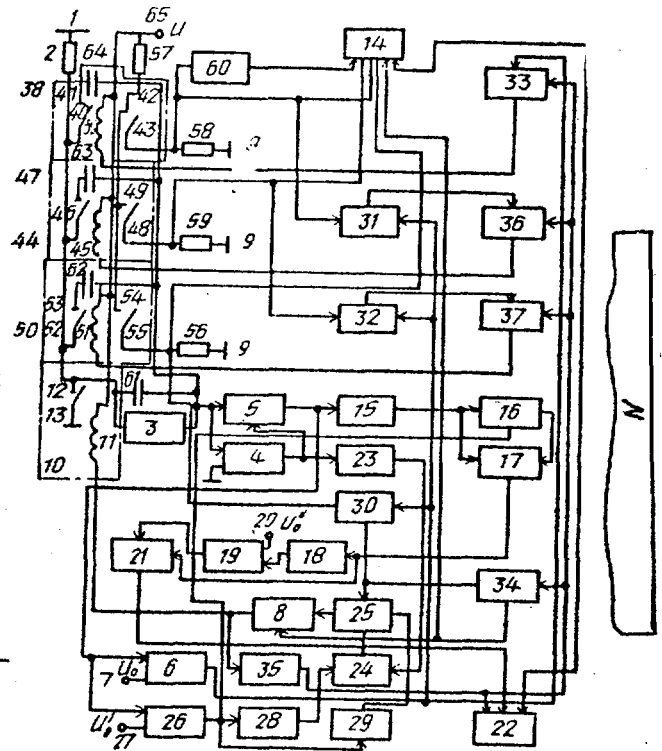
- (21) 3258091/24-09
(22) 10.03.81
(46) 15.02.87. Бюл. № 6
(71) Белорусский политехнический институт
(72) В.Ф.Силук, П.М.Корниенко,
В.С.Лившиц, В.М.Климович,
Г.В.Згаевская и О.Ф.Кортес
(53) 621.317.328 (088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 652505, кл. G 01 R 29/24, 1971.

Машлокин А.Н. Истоковый повторитель с защитой полевого транзистора от пробоя. - Приборы и техника эксперимента, 1979, № 6, с. 93.

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

(57) Изобретение относится к измерительной технике. Цель изобретения - расширение динамич. диапазона. Устр-во содержит измерительный зонд 1, резистор 2, согласующий блок 3, различитель 4 полярности, переключатель 5 полярности, пороговый блок (ПБ) 6, источник 7 напряжения перегрузки, г-р 8 сброса, земляную шину 9, геркон 10 с обмоткой 11 и коммутирующими контактами 12 и 13, индикатор 14. Вновь введены интегрирующий ус-ль 15, запоминающий блок 16, суммирующий повторитель 17, дифференцирующие блоки (ДБ) 18, 29 и 35, ПБ 19 и 26, источник 20 порогового напряжения, блок 21 выделения макс., АЦП 22, ДБ 23 с выпрямителем, эл-ты И 24, 30-32, эл-т ИЛИ 25, источник 27 мин. сигнала, интегратор 28, триггеры 33, 34, 36, 37, герконы 38, 44 и 50, резисторы 56-59,

эл-т НЕ 60, конденсаторы 61-64, источник 65 постоянного напряжения. 1 ил.



Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения электростатических потенциалов, напряженностей электростатических полей или зарядов. 5

Цель изобретения - расширение динамического диапазона.

На чертеже приведена структурная электрическая схема измерителя электростатического поля. 10

Измеритель электростатического поля содержит измерительный зонд 1, первый резистор 2, согласующий блок 3, различитель полярности 4, переключатель 5 полярности, первый пороговый блок 6, источник 7 напряжения перегрузки, генератор 8 сброса, земляную шину 9, первый геркон 10 с обмоткой 11 и коммутирующими контактами 12 и 13, индикатор 14, интегрирующий усилитель 15, запоминающий блок 16, суммирующий повторитель 17, первый дифференцирующий блок 18, второй пороговый блок 19, источник 20 порогового напряжения, блок 21 выделения максимума, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 22, дифференцирующий блок 23 с выпрямителем, первый элемент И 24, элемент ИЛИ 25, третий пороговый блок 26, источник 27 минимального сигнала, интегратор 28, второй дифференцирующий блок 29, второй элемент И 30, третий элемент И 31, четвертый элемент И 32, первый триггер 33, второй триггер 34, третий дифференцирующий блок 35, третий и четвертый триггеры 36 и 37, второй геркон 38 с обмоткой 39, и с коммутируемыми контактами 40, 41 и дополнительными контактами 42 и 43, третий геркон 44 с обмоткой 45 и с коммутируемыми контактами 46, 47 и дополнительными контактами 48 и 49, четвертый геркон 50 с обмоткой 51 и с коммутируемыми контактами 52, 53 и дополнительными контактами 54 и 55, второй резистор 56, третий резистор 57, четвертый резистор 58, пятый резистор 59, элемент НЕ 60, первый, второй, третий и четвертый конденсаторы 61-64, источник 65 постоянного напряжения.

Измеритель электростатического поля работает следующим образом. 55

В отсутствие измеряемого электростатического поля из-за неизбежности дрейфа нуля согласующего блока 3 на основе полевых транзисторов на его

выходе всегда существует медленно изменяющееся положительное или отрицательное напряжение. Поступая на вход различителя полярности 4, который, в простейшем случае, представляет собой пороговое устройство, с нулевым уровнем сравнения, это напряжение устанавливает пороговый блок 26 в одном из двух устойчивых состояний с положительным или отрицательным напряжением на выходе. Выходное напряжение различителя полярности 4 управляет работой переключателя 5 полярности так, что на его выходе всегда существует однополярное напряжение. Поступая на вход порогового блока 26, к второму входу которого приложено постоянное напряжение уровня U_0 , при условии $U_0 > U_d$, где U_d - максимальное возможное напряжение смещения уровня нуля согласующего блока 3 и переключателя 5 полярности, это напряжение устанавливает пороговый блок 26 в состояние, при котором его выходное напряжение, поступающее на управляющий вход запоминающего блока 16, ставит его в режим инвертирующего повторителя. Выходное напряжение переключателя 5 полярности поступает также на вход интегрирующего усилителя 15, постоянная интегрирования τ_0 которого выбрана из условия $\tau_0 = KT_c$, где T_c период повторения напряжения сети: $K = 1, 2, 3, \dots, n$, так, что помимо усиления входного сигнала требуемого уровня, в нем в значительной степени подавляются помехи за счет наводок, частота которых кратна частоте сети. Напряжение интегрирующего усилителя 15 поступает на входы запоминающего блока 16 и один из входов суммирующего повторителя 17, на второй вход которого поступает выходное напряжение запоминающего блока 16.

Так как эти напряжения равны по величине и противоположны по знаку, то выходное напряжение суммирующего повторителя 17 в отсутствие измеряемого электростатического поля равно нулю. Запоминающий блок 16 и суммирующий повторитель 17 представляют собой каскады с 100%-ной обратной связью, симметричным дифференциальным входом и усилением, равным единице, поэтому дрейф нуля этих каскадов на фоне усиленного до требуемого уровня входного напряжения пренебре-

жимо мал. Таким образом, влияние значительного температурного дрейфа нуля входного каскада, переключателя полярности и интегрирующего усилителя здесь исключается автоматически.

При внесении измерительного зонда 1 в электростатическое поле напряженности E в материале измерительного зонда 1 наблюдается перемещение зарядов в противоположных направлениях до тех пор, пока внутреннее поле измерительного зонда 1 не компенсирует внешнее, измеряемое, т.е. разделенный (или индуцированный) заряд пропорционален напряженности E (показания измерителя могут быть градуированы также в средних значениях потенциала или заряда).

Пропорционально индуцированному заряду Q меняется потенциал выхода согласующего блока 3, так как весь заряд Q стекает на конденсатор 61 отрицательной обратной связи согласующего блока 3, работающего в режиме интегратора тока. При значении C_1 конденсатора это изменение напряжения равно $U = \frac{Q}{C_1}$. Напряжение

U поступает на входы пороговых блоков 6 и 26. Пороговый блок 26 переходит в другое устойчивое состояние, так как $U_0 > U > U_0'$ и по цепи управляющего входа запоминающего блока 16 переводит последнее в режим заполнения того значения дрейфового напряжения согласующего блока 3, которое было на его выходе до появления напряжения U , так как напряжение на выходе интегрирующего усилителя 15 не может изменяться скачком и остается неизменным (в случае необходимости, для увеличения времени усреднения, может быть использован метод двойного интегрирования).

Если уровень $U \leq U_0$, то пороговый блок 6 перегрузки не сработает, коммутируемые контакты герконов 10, 38, 44, 50 будут разомкнуты, напряжение на резисторе 58 равно нулю, а на выходе элемента НЕ 60 – логической единице. Это напряжение на вход интегратора, где, например, с помощью светодиода высвечивается значение первого рабочего диапазона. Так как на один вход суммирующего повторителя 17 поступает усиленное в K_0 раз напряжение U_d дрейфа нуля, а на второй

вход – в противоположной полярности усиленное в K_0 раз напряжение U_d дрейфа нуля и напряжение U (с течением времени напряжение на выходе интегрирующего усилителя 15 достигает измеряемого, а вход запоминающего блока 16 отключен), то на выходе суммирующего повторителя 17 появляется напряжение U_{k_0} . Следовательно в режиме измерения влияние величины дрейфового напряжения на значение напряжения суммирующего повторителя 17 исключается, т.е. осуществляется автоматическая компенсация дрейфа нуля. Выходное напряжение U_{k_0} поступает на вход блока 21 и на вход дифференцирующего блока 18. Так как напряжение U_{k_0} всегда однополярно, причем сначала, по мере нарастания E , нарастает до максимума и, после включения рабочего диапазона, вследствие разряда включенных входных емкостей, уменьшается до нуля, т.е. принимает экстремальное значение, для однозначного измерения U_{k_0} необходимо обеспечить его измерение в момент, когда это напряжение максимально.

Таким образом, после дифференцирования напряжения U_{k_0} в дифференцирующем блоке 18 в его выходном напряжении выделяются три временных интервала: до экстремальной точки, экстремальной точки (выходное напряжение равно нулю) и после экстремальной точки. В первом и третьем временных интервалах выходное напряжение дифференцирующего блока 18 имеет противоположные полярности (производная меняет знак), поэтому при поступлении этого напряжения на один из входов порогового блока 19 (инвертирующий вход операционного усилителя) и положительной полярности напряжения в первом интервале, если другой вход (неинвертирующий вход операционного усилителя) порогового блока 19 соединен с источником 20, уровень которого U_0'' незначительно превышает порог срабатывания порогового блока 19, а уровень напряжения производной превышает величину U_0'' , на выходе порогового блока 19 в первом временном интервале формируется импульс отрицательной полярности. Этот импульс поступает на вход блока 21 выделения максимума и закрывает его выход на время длительности первого интервала. Таким образом,

выходное напряжение блока 21 подается на вход АЦП 22 только с момента начала второго интервала, когда напряжение сигнала максимально. При использовании в АЦП 22 внутреннего запуска (запуска от входного сигнала) начало второго временного интервала будет началом измерения.

Спад входного напряжения за счет разряда входных емкостей при высоком быстродействии современных АЦП к ощутимым потерям точности не приводит. Если при малых уровнях напряжения $U_{к0}$ система выделения максимума не работает, то измеряемое напряжение поступает на вход АЦП 22 непрерывно, и в этом случае измерение осуществляется. Из индикатора 14 на другой вход АЦП 22 поступает напряжение, несущее информацию о значении рабочего диапазона, которое используется в нем для формирования сигнала переноса запятой (множителя шкалы). Так по значению U_k осуществляется цифровое (или аналоговое) измерение и индикация напряженности электростатического поля E .

Если $U > U_0$, то срабатывает пороговый блок 6, напряжение которого переводит триггер 33 второго диапазона в новое устойчивое состояние. Напряжение триггера 33 поступает на обмотку 45 геркона 44 второго диапазона, полярность этого напряжения противоположна полярности напряжения U , поэтому геркон 44 срабатывает и контакты 41, 47, 53, 48, 49, 54 замыкаются. При этом напряжение U делится между резисторами 57 и 58, на резисторе 18 появляется напряжение, элемент НЕ 60 первого диапазона переводится в новое состояние, в индикаторе 14 прекращается индикация первого диапазона и включается индикация второго.

Если после подключения в цепь отрицательной обратной связи согласующего блока 3 конденсатора 64 величи-

ной C_2 напряжение $U' = \frac{Q}{C_1 + C_2} < U_0$, то

пороговый блок 6 возвращается в исходное состояние, напряжение $U_{к0}$ поступает в АЦП 22, куда из индикатора 14 поступает информация о включении второго диапазона, и значение $U_{к0}$ измеряется.

После измерения значение E входного электростатического поля обращается в "0" (измерительный зонд 1 выводится из поля, так как в следующем непрерывном режиме измерители без модуляции не могут работать), пороговый блок 26 возвращается в исходное состояние, запоминающий блок 16 - в режим инвентирующего повторителя, на выходе элемента ИЛИ 25 появляется напряжение, так как на один из ее выходов поступает импульс выходного напряжения дифференцирующего блока 29, на входе которого измерилась полярность напряжения на противоположную, и напряжение элемента ИЛИ 25 запускает генератор 8. Напряжение последнего поступает на контакт конца обмотки геркона 10, который срабатывает, контакты 12 и 13 замыкаются, вход согласующего блока 3 подключается к земляной шине, конденсаторы 61 и 64 заряжаются до уровня выходного напряжения согласующего блока 3.

В момент окончания длительности импульса генератора 8 сброса с помощью дифференцирующего блока 35 формируется импульс, который поступает на входы АЦП 22 и триггеров 33, 36, 37 второго, третьего и четвертого диапазонов и возвращает их в исходное положение.

Если изменение осуществляется относительно продолжительно, то за время измерения емкость обратной связи согласующего блока 3 успевает потерять часть заряда, что приводит к неравенству разделенных измеряемой напряженностью поля положительных и отрицательных зарядов, т.е. вызывает после осуществления измерения (снятия напряженности поля) появление на входе согласующего блока 3 заряда, противоположного измеряемому. Если при разделении в материале измерительного зонда 1 зарядов измеряемой напряженностью поля в исходном состоянии положительный заряд $+Q$ равен по модулю отрицательному $-Q$, измеряется $-Q$ (действует на вход согласующего блока 3) и измерительный зонд 1 электрически нейтральный, то после осуществления измерения часть заряда $-\Delta Q$ потерялась, положительный заряд $+Q$ больше оставшегося отрицательного заряда $-(Q - \Delta Q)$, и емкость обратной связи согласующего блока 3 после снятия измеряемой напряженнос-

ти Е заряжается зарядом противоположной, положительной полярности $+ΔQ$. Это явление использовано для разряда входных емкостей измерителя в тех случаях, когда оставшееся после измерения напряжения на выходе согласующего блока 3 больше U_0' , и поэтому описанная логическая схема сброса не срабатывает. В рассматриваемом случае и после снятия измеряемой напряженности Е блока 26 в исходное состояние не вернется. Так как это состояние порогового блока 26 соответствует логической единице, то за время измерения логическая единица передается через интегратор 28 и к моменту снятия внешнего электростатического поля воздействует на один из входов элемента И 24.

В момент снятия напряженности Е полярность выходного напряжения согласующего блока 3 меняется на противоположную, что приводит к аналогичному изменению полярности выходного напряжения различителя полярности и формированию короткого импульса на выходе дифференцирующего блока 23 (в простейшем случае он представляет собой дифференцирующую RC-цепь с двухполупериодным выпрямителем). Таким образом, в момент окончания измерения элемент И 24 формирует напряжение логической единицы, которая воздействует на один из входов схемы ИЛИ 25 и формирует на ее выходе напряжение, которое поступает на вход генератора 8 сброса и запускает его.

Если значение U' продолжает нарастать, так как переключение диапазонов осуществляется в момент внесения измерительного зонда 1 в электростатическое поле, т.е. включение других диапазонов осуществляется последовательно, по мере нарастания поля в процессе перемещения измерительного зонда 1 к заряженному телу, то после возвращения порогового блока 6 в исходное состояние возможно состояние, при котором $U' > U_0'$. В этот момент пороговый блок 6 снова включается, его напряжение поступает на элемент И 31 третьего диапазона, на второй вход которого подается напряжение с резистора 58 (второй диапазон включен), элемент И 31 срабатывает и его напряжение включает триггер 36 третьего диапазона. Ана-

логично рассмотренному выходное напряжение триггера 36 поступает на обмотку 39, геркон 44 третьего диапазона включается, и включается третий диапазон измерения. При этом напряжение U' падает до значения $U'' = \frac{Q}{C_1 + C_2 + C_3}$, где C_3 - значение конден-

сатора 63. Значение U'' или измеряется как было описано, или, при дальнейшем возрастании U'' , аналогично рассмотренному включаются последующие диапазоны.

Если и после включения четвертого диапазона пороговый блок 6 находится во включенном состоянии, то сработает элемент И 30, так как на один его вход поступает напряжение порогового блока 6, а на второй - напряжение с резистора 56, включается триггер 34 и элемент ИЛИ 25. Выходное напряжение элемента ИЛИ 25 запускает генератор 8 сброса. Одновременно с этим выходное напряжение триггера 34 поступает на вход индикатора 14 для индикации перегрузки и на другой вход генератора 8, подключает к его времязадающей RC-цепи большую добавочную емкость, увеличивая длительность генерируемого импульса до нескольких секунд. Контакты геркона 9 при этом замыкаются и все входное напряжение измерителя выделяется на защитном высокоомном резисторе 2.

В момент окончания длительности импульса генератора 8 выходное напряжение дифференцирующего блока 35 возвращает триггер 34 в исходное состояние. За время защиты измерительный зонд 1 должен быть изолирован от воздействующего на него электростатического поля (в противном случае описанный процесс повторится).

Измеритель реагирует на изменения напряженности поля Е изменениями величины индуцированного заряда Q, поэтому для цифрового измерения значения Е или величин, ей пропорциональных, необходимо, чтобы функциональная зависимость $Q=f(E)$ была линейной, что можно сделать за счет соответствующего выбора значений емкостей $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$, добавляемых на каждом диапазоне измерения, в данном случае емкость, добавляемая на последующем диапазоне, равна емкости

предыдущего диапазона, увеличенной в 9 раз.

Формула изобретения

Измеритель электростатического поля, содержащий последовательно соединенные измерительный зонд, первый резистор, согласующий блок, различитель полярности, переключатель полярности и первый пороговый блок, второй вход которого соединен с выходом источника напряжения перегрузки, генератор сброса, выход которого соединен с обмоткой первого геркона, контакты которого соединены соответственно с входом согласующего блока и земляной шиной, и индикатор, отличающийся тем, что, с целью расширения динамического диапазона, к выходу переключателя полярности подключены последовательно соединенные интегрирующий усилитель, запоминающий блок, суммирующий повторитель, второй вход которого подсоединен к выходу интегрирующего усилителя, первый дифференцирующий блок, второй пороговый блок, второй вход которого соединен с введенным источником порогового напряжения, блок выделения максимума, второй вход которого соединен с выходом суммирующего повторителя и аналого-цифровой преобразователь, второй вход которого соединен с выходом индикатора, между выходом различителя полярности и первым входом генератора сброса введены последовательно соединенные дифференцирующий блок с выпрямителем, первый элемент И и элемент ИЛИ, между выходом переключателя полярности и вторым входом первого элемента И включены последовательно соединенные третий пороговый блок, второй вход которого соединен с выходом источника уровня минимального сигнала, а выход - с вторым входом запоминающего блока, интегратор, между выходом третьего порогового блока и вторым входом элемента ИЛИ включен второй дифференцирующий блок, введены второй элемент И, третий элемент И, четвертый элемент И и первый триггер, первые входы которых соединены с выходом первого порогового блока, между выходом второго элемента И и

вторым входом генератора сброса включен второй триггер, выход которого соединен с третьим входом индикатора, между входом генератора сброса и третьим входом аналого-цифрового преобразователя включен третий дифференцирующий блок, выход которого подсоединен к вторым входам первого и второго триггеров и первым входам введенных третьего и четвертого триггеров, вторые входы которых соединены соответственно с выходами третьего и четвертого элементов И, при этом выходы первого, третьего и четвертого триггеров подсоединены соответственно к одним концам обмоток введенных второго, третьего и четвертого герконов, коммутирующие контакты которых включены параллельно коммутирующим контактам первого геркона, второй вход второго элемента И соединен с третьим входом индикатора, через введенный второй резистор - с земляной шиной и через введенные последовательно соединенные дополнительный коммутирующий контакт четвертого геркона и третий резистор - с источником постоянного напряжения, соединенным с другими концами обмоток второго, третьего и четвертого и первого герконов, параллельно дополнительному коммутирующему контакту четвертого геркона включены второй и третий дополнительные коммутирующие контакты второго и третьего герконов, соединенные с земляной шиной соответственно через введенные четвертый и пятый резисторы, точка соединения дополнительного коммутирующего контакта второго геркона и четвертого резистора соединена с четвертым входом индикатора, вторым входом третьего элемента И и через введенный элемент НЕ с пятым входом индикатора, общая точка соединения дополнительно коммутирующего контакта третьего геркона и пятого резистора соединена с шестым входом индикатора и вторым входом четвертого элемента И, введены первый конденсатор, включенный между входом и выходом согласующего блока, второй, третий и четвертый конденсаторы, включенные соответственно между вторым, третьим и четвертым коммутирующими контактами второго, третьего и четвертого герконов и выходом входного контакта.