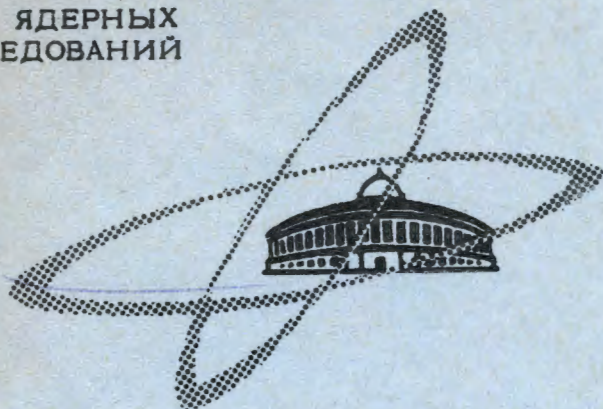


Б-90

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3093



Ю.Г. Будяшов, В.Г. Зинов

АБСОЛЮТНЫЕ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ  
ДИСКРИМИНАТОРЫ  
НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ

1966

13 - 3093

Ю.Г. Будяшов, В.Г. Зинов

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ  
ДИСКРИМИНАТОРЫ  
НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ

Направлено в ПТЭ



4757/2 мр.

Амплитудные дискриминаторы являются важными узлами электронной аппаратуры в спектрометрии ядерных излучений. Большое распространение получили схемы на основе туннельных диодов, обладающих хорошей температурной стабильностью. Как правило, используются два туннельных диода. Один служит дискриминатором тока, другой формирует выходной сигнал по амплитуде и длительности. Если не учитывать разницы в исполнении токозадающих цепей дискриминирующего диода, то дискриминаторы отличаются только способами возврата туннельных диодов в исходное состояние после срабатывания. В простейшем случае делается одновибратор на туннельном диоде с индуктивностью<sup>/1/</sup>. В более сложных схемах – одновибраторы на туннельных диодах и транзисторах, а длительность импульса задается реактивными элементами в цепях обратной связи<sup>/2,3/</sup>. Здесь сложность окупается малым мертвым временем, которое равно практически длительности выходного импульса. В одновибраторе с индуктивностью оно равно утроенной длительности выходного импульса.

В реальных условиях эксперимента длительность фронта импульсов от различных датчиков колеблется от нескольких нсек до нескольких микросекунд. В этих условиях дискриминаторы на одновибраторах с индуктивностью неудобны, так как порог их срабатывания зависит не только от амплитуды входного сигнала, но и от скорости нарастания его переднего фронта. Большую индуктивность ставить нельзя, так как возрастает мертвое время дискриминатора.

Мы остановились на схеме, в которой время возврата туннельных диодов в исходное состояние после срабатывания задается линией задержки, стоящей в цепи обратной связи.

Полная принципиальная схема изготовленного интегрального дискриминатора приведена на рис. 1. Работает она следующим образом.

Входной сигнал через транзисторы  $T_1$  и  $T_2$  в виде импульса тока поступает на туннельный диод  $ТД_1$ . Его рабочая точка находится на туннельном участке

характеристики и смещается током транзистора  $T_6$  в зависимости от уровня дискриминации. При превышении входным сигналом порога срабатывания туннельные диоды  $ТД_1$  и  $ТД_2$  переходят в другое устойчивое состояние. Туннельный диод  $ТД_2$  служит для формирования выходного сигнала по амплитуде и длительности. Импульс с него усиливается транзисторами  $T_3$  и  $T_4$ , задерживается линией задержки ЛЗ и через транзистор  $T_5$  возвращает оба туннельных диода в исходное состояние. Между туннельными диодами включен обращенный диод из арсенида галлия<sup>4/</sup> для исключения обратного влияния туннельных диодов друг на друга. Для выравнивания токов через туннельные диоды при возвращении их в исходное состояние последовательно с обращенным диодом поставлен резистор сопротивлением 100 ом. С транзистора  $T_7$  снимается отрицательный сигнал амплитудой 2,5–3 вольта на нагрузке 150 ом. Порог дискриминации устанавливается от 0,15 до 6 в. Кривая линейности интегрального дискриминатора для разных температур приведена на рис. 2. Интегральная нелинейность не превышает 1,5%. Интегральный температурный сдвиг уровня порога дискриминации при температуре 52°С по сравнению с 27°С не превышает 3%.

Время нечувствительности дискриминатора равно длительности выходного импульса которая задается линией задержки ЛЗ. Линия задержки имеет отводы. С помощью переключателя П подключаются различные секции линии в цепь обратной связи, чем меняется длительность выходного импульса и мертвое время дискриминатора. Минимальная длительность выходного сигнала при указанных в схеме номиналах деталей и отсутствии линии задержки в цепи обратной связи была получена в 7 нсек (мертвое время 14 нсек). Она определяется быстродействием транзисторов.

В схеме использовались следующие транзисторы и туннельные диоды:  $T_1$  и  $T_6$  типа 1Т308В;  $T_3$  и  $T_5$  типа П418;  $T_2$ ,  $T_4$  и  $T_7$  при аналог П418; транзистор  $T_8$  типа П201 служит для задания +4 вольт. Туннельные диоды  $ТД_1$  и  $ТД_2$  типа ЗИ301 Г.

Дискриминатор можно использовать не только по прямому назначению. Во-первых, высокая стабильность длительности выходного импульса позволяет применять его в качестве генератора импульсов ворот. Во-вторых, при подаче на вход дискриминатора импульса по длительности больше, чем мертвое время

дискриминатора, он превращается в генератор пачек импульсов, что использовалось для проверки аппаратуры.

Дифференциальный дискриминатор изготовлен на основе интегрального. Он состоит из двух дискриминирующих каскадов, выходы которых подаются на схему антисовпадений, отбирающую из всех поступающих сигналов лишь те, амплитуда которых лежит в границах окна. Из-за конечного времени нарастания импульсов от детекторов срабатывание дискриминатора верхнего уровня происходит с запаздыванием относительно момента срабатывания дискриминатора нижнего уровня. После срабатывания дискриминаторы восстанавливают свою работоспособность в разное время за счет разного мертвого времени. Это приводит к тому, что при больших нагрузках схема антисовпадений начинает давать лишние импульсы на выходе.

Особенностью описываемого дифференциального дискриминатора является то, что туннельные диоды каналов нижнего и верхнего уровней возвращаются в исходное состояние одновременно задержанным в цепи обратной связи импульсом нижнего канала<sup>/5/</sup>. За счет этого независимо от момента срабатывания верхнего канала обеспечивается одновременное начало восстановления и одинаковое время восстановления нижнего и верхнего каналов в исходное состояние. Таким образом исключаются просчеты схемы антисовпадений при больших нагрузках за счет разных мертвых времен дискриминаторов нижнего и верхнего уровней и обеспечивается жесткая временная привязка задних фронтов одновибраторов нижнего и верхнего каналов независимо от времени нарастания импульсов от детекторов. Принципиальная схема дифференциального дискриминатора приведена на рис. 3. Дискриминирующие туннельные диоды  $ТД_1$  и  $ТД_2$  нижнего и верхнего порогов соединены последовательно<sup>/6/</sup>. Нижний порог дискриминации задается током транзистора  $T_{15}$ , верхний порог дискриминации задается суммой токов транзисторов  $T_{15}$  и  $T_{16}$ .

Такое задание порогов дискриминации позволяет иметь ширину окна, не зависящую от нижнего уровня дискриминации, уменьшает расход тока на задание уровней дискриминации. Туннельные диоды  $ТД_3$  и  $ТД_4$  формируют выходные импульсы нижнего и верхнего каналов по длительности и амплитуде. При срабатывании дискриминатора нижнего канала импульс с туннельного диода  $ТД_3$  усиливается транзисторами  $T_3$  и  $T_4$ . В коллекторе транзистора  $T_4$  включена линия

задержки ЛЗ<sub>1</sub>. Задержанный в линии импульс через транзисторы Т<sub>5</sub> и Т<sub>6</sub> возвращает туннельные диоды в исходное состояние. В коллекторе транзистора Т<sub>3</sub> импульс нижнего канала формируется по времени короткозамкнутым отрезком кабеля ( $t_{\text{имп}} = 10$  нсек). Сформированный импульс отрицательной полярности усиливается дифференциальным усилителем (Т<sub>7</sub> и Т<sub>8</sub>). В коллекторе транзистора Т<sub>8</sub> включен туннельный диод ТД<sub>5</sub>, на котором собрана схема антисовпадений. На туннельный диод ТД<sub>5</sub> поступают два импульса: импульс нижнего канала отрицательной полярности с коллектора транзистора Т<sub>8</sub> и импульс верхнего канала с туннельного диода ТД<sub>4</sub> усиленный транзистором Т<sub>9</sub> и задержанный линией задержки ЛЗ<sub>2</sub> ( $t_{\text{задержки}} = 20$  нсек) положительной полярности. При срабатывании только нижнего канала туннельный диод ТД<sub>5</sub> переключается в другое устойчивое состояние, а на дифференциальном выходе появляется выходной импульс отрицательной полярности длительностью 10 нсек и амплитудой 2,5–3 вольта. Если срабатывают оба канала, то импульс верхнего канала положительной полярности блокирует туннельный диод ТД<sub>5</sub>, и на дифференциальном выходе сигнал отсутствует. Временная диаграмма прохождения импульсов при срабатывании нижнего и верхнего каналов показана на рис. 4.

Кроме дифференциального выхода предусмотрены независимые интегральные выходы нижнего и верхнего каналов.

В схеме использовались следующие элементы: Т<sub>1</sub>, Т<sub>15</sub> и Т<sub>16</sub> типа 1 Т308Г; Т<sub>3</sub>, Т<sub>5</sub>, Т<sub>6</sub>, Т<sub>7</sub>, Т<sub>8</sub>, Т<sub>9</sub>, Т<sub>10</sub> и Т<sub>12</sub> типа П418; Т<sub>2</sub>, Т<sub>4</sub>, Т<sub>11</sub>, Т<sub>13</sub>, Т<sub>14</sub> — аналог П418; Т<sub>17</sub> типа П201; ТД<sub>1</sub>, ТД<sub>2</sub>, ТД<sub>3</sub> и ТД<sub>4</sub> типа ЗИ301Г; ТД<sub>5</sub> типа ЗИ301В. Величины резисторов, помеченных звездочкой, в небольших пределах могут быть изменены в процессе наладки схемы.

Характеристики дискриминатора снимались с помощью венгерского генератора точной амплитуды NZ-250, обеспечивающего точность выходной амплитуды в 0,1%.

На рис. 5 приведены кривые дифференциальной линейности для разной ширины окна. Дифференциальная нелинейность не превышает  $\pm 3\%$ . В небольших пределах нелинейность дифференциальных характеристик можно регулировать режимом туннельного диода ТД<sub>4</sub> или резистором  $r$ , включенном последовательно с обращенным диодом в верхнем канале. Зависимость линейности дифференциальных характеристик от напряжения на ТД<sub>4</sub> представлена на рис. 6, а от сопротивления

резистора  $r$  на рис. 7. Зависимость ширины окна от температуры приведена на рис. 8.

При температуре  $52^{\circ}\text{C}$  ширина окна увеличивается примерно на 10% по сравнению с температурой в  $27^{\circ}\text{C}$ . Интегральные характеристики дифференциального дискриминатора подобны характеристикам интегрального дискриминатора.

В заключение авторы выражают благодарность Ю.К. Акимову и И.Ф. Колпакову за обсуждения и советы, Ю.И. Ильичеву и М.М. Петровскому за монтаж.

### Л и т е р а т у р а

1. A. Adler, M. Palmi and Perer-Mendez 100 - Mc/s Tunnel - Diode Discriminator and Pulse - Shaper NIM 13 N 2, 1961, p. 197.
2. R. Sugaman, W. A. Highbotham and A. H. Yonda. 100 - Mc. Counting System Nuclear Electronics III p.3 Belgrade 1961.
3. F. Bartocchini et al. Tunnel Diode and Common - Base Transister Circuit in Fast Electronics and Fast Decade Transistor Scalers. Comitato Nazionale Energia Nuclear PT/EL (62) 18. Roma, dicembre 1962.
4. И.Ф. Колпаков. Интегральный амплитудный дискриминатор импульсов наносекундного диапазона на полупроводниковых элементах. ПТЭ № 5 1966, стр. 127.
5. F. S. Goulding and R. A. Mc Naught NIM 8 N 3, 1960, p. 282.
6. Б.Н. Кононов, А.С. Сидоров, В.Ф. Леонов. Амплитудные дискриминаторы на туннельных диодах. ПТЭ № 5, (1963), стр. 351.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 декабря 1966 г.



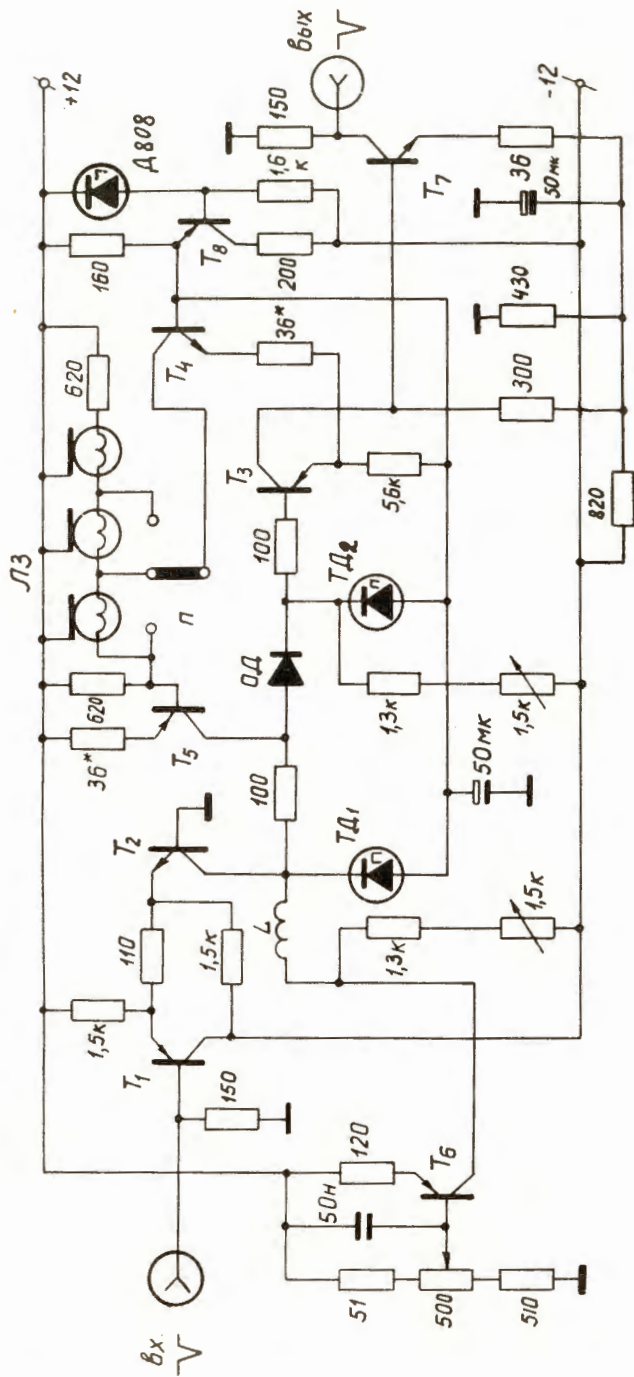


Рис. 1. Принципиальная схема интегрального дискриминатора.

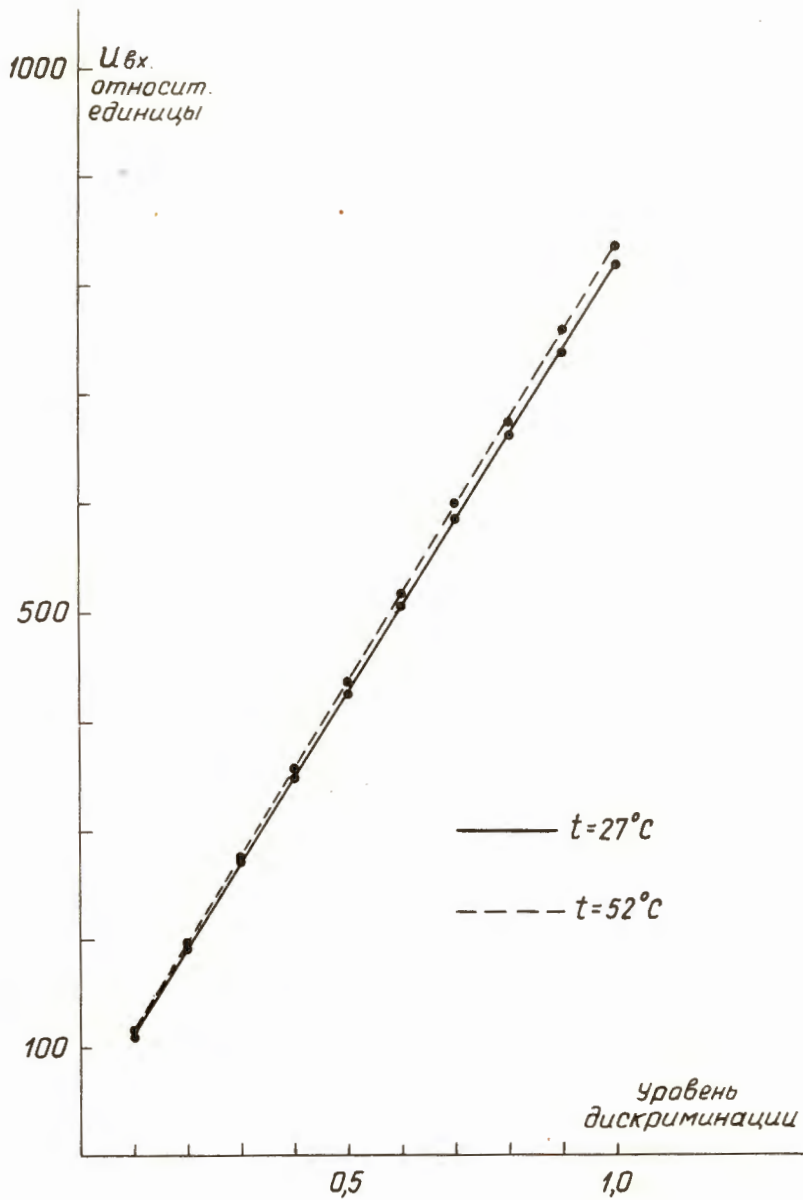


Рис. 2. Кривая линейности интегрального дискриминатора для разных температур.



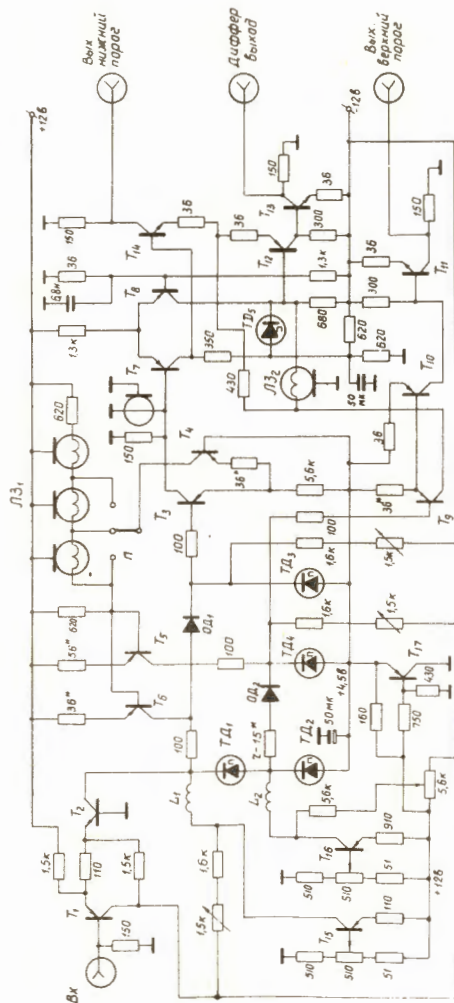


Рис. 3. Принципиальная схема дифференциального дискриминатора.

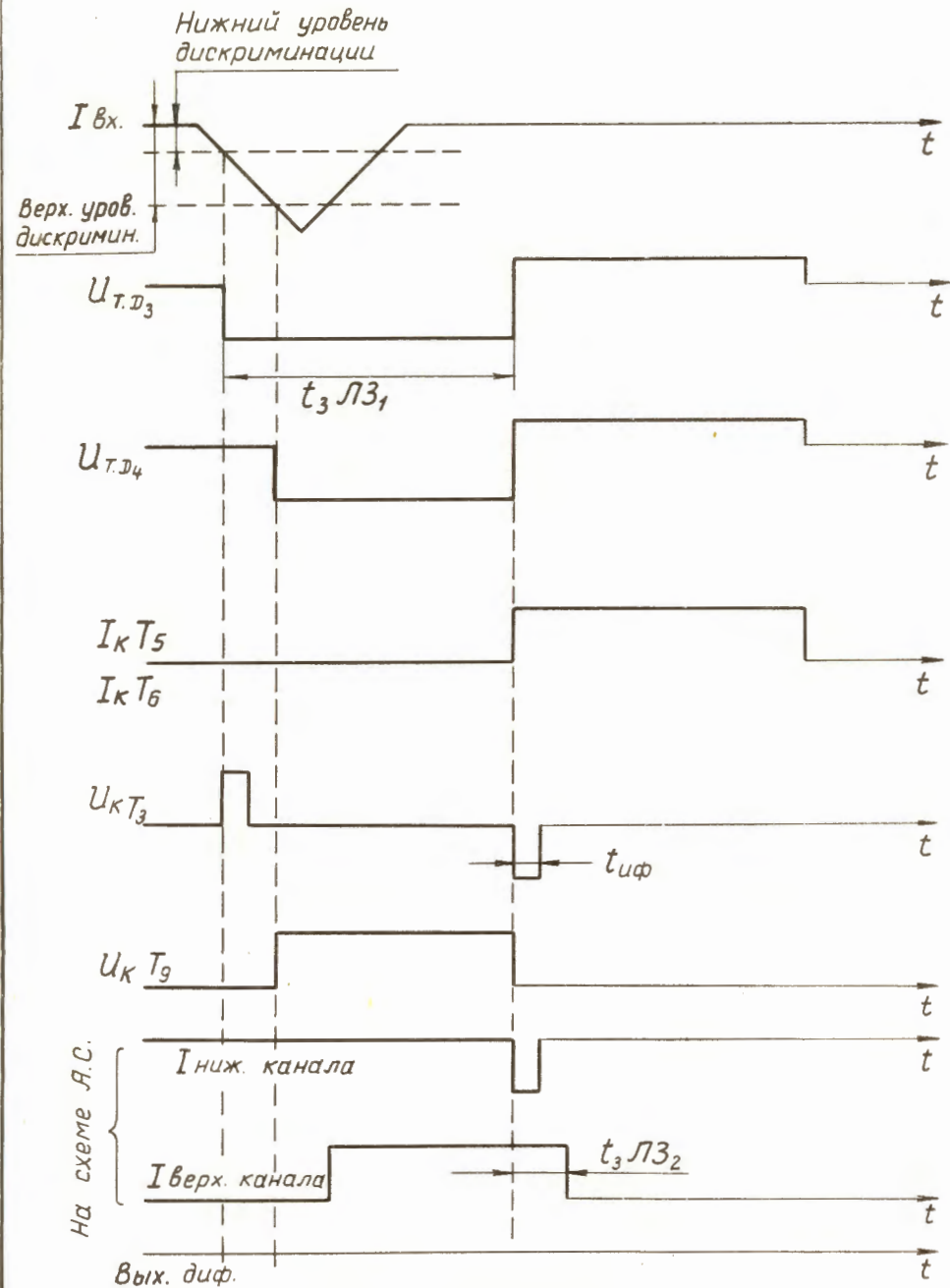


Рис. 4. Временная диаграммы прохождения импульсов в различных точках схемы дифференциального дискриминатора.

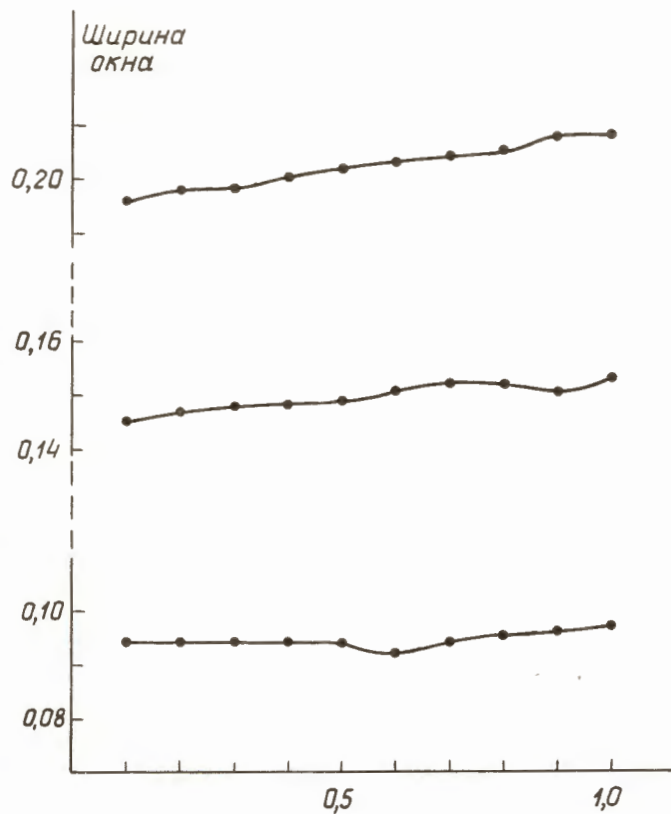


Рис. 5. Кривые дифференциальной линейности для разной ширины окна.

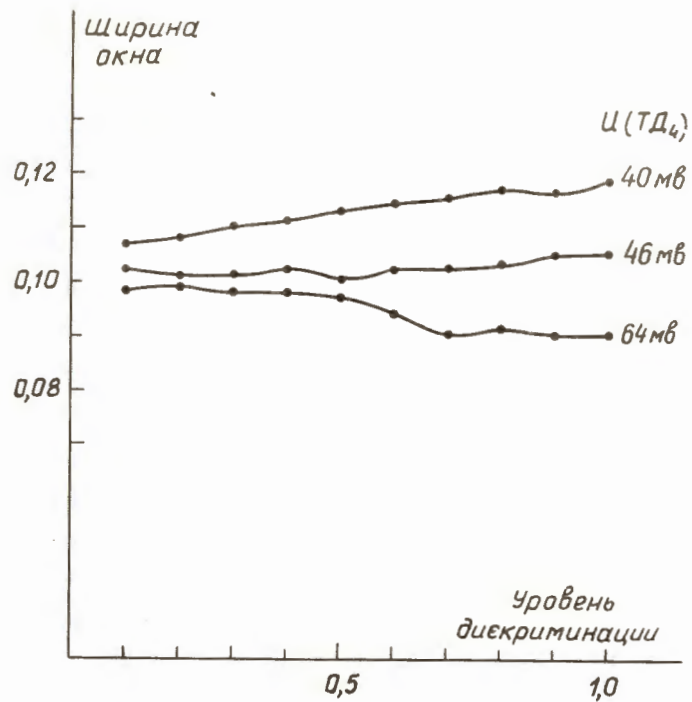


Рис. 6. Зависимость дифференциальной линейности от напряжения на ТД<sub>4</sub>.

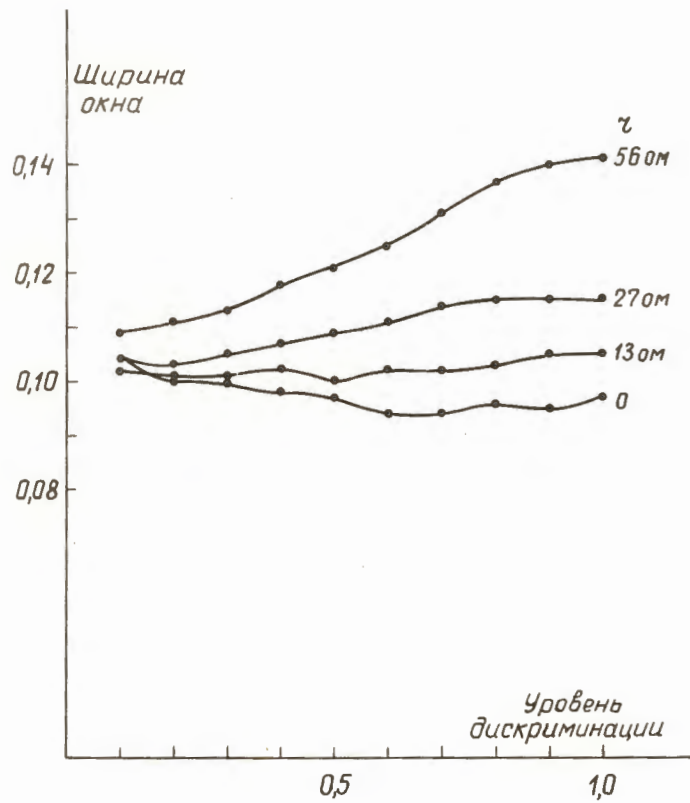


Рис. 7. Зависимость дифференциальной линейности от сопротивления между ТД<sub>2</sub> и ТД<sub>4</sub>.

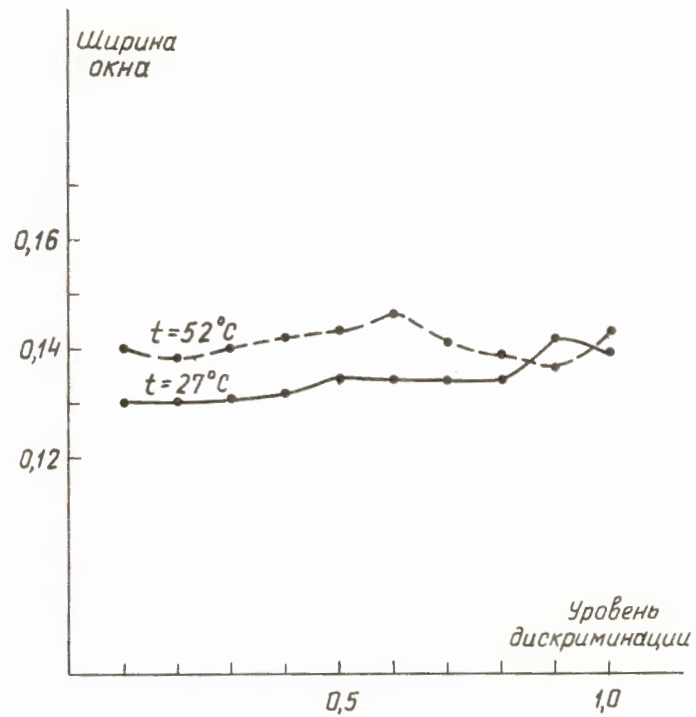


Рис. 8. Зависимость ширины окна от температуры.