ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ ИЗБИРАЮЩЕГО СИГНАЛА ДЛЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ НАГРУЗКИ ЛИНИИ СВЯЗИ МНОГОПРОВОДНЫХ КОДОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

А. Г. Мелик-Аскаров
Киев

Для современного развития производства и техники характерно резкое расширение границ автоматизации: качественный скачок связан с переходом от автоматизации отдельных станков, машин и агрегатов к комплексной автоматизации производственных процессов промышленных предприятий с применением средств вычислительной техники. В настоящее время система автоматического контроля и управления охватывает группу различных по технологическому процессу, но взаимосвязанных станков, машин и агрегатов, участвующих в едином производственном процессе. К таким системам относятся автоматические поточные линии, цехи, заводы, предприятия-автоматы, рудники, шахты и т. п.

Одним из основных звеньев комплексной автоматизации является информационное устройство сбора, обработки и передачи информации, посредством которого осуществляется связь между контролируемыми объектами и управляющей вычислительной машиной. Как правило, контролируемые объекты приведенной выше группы промышленных предприятий рассредоточены в пространстве с большой плотностью и удалены от места сбора информации (пункт управления — ПУ) на расстояния, не превышающие 5—10 *км*.

Технико-экономический анализ [1], в основу которого положен экономический критерий, учитывающий капитальные затраты и работоспособность информационных устройств, позволил установить, что в заданных условиях эксплуатации наиболее эффективно функционируют устройства, имеющие многопроводную кодовую структуру. Один из возможных вариантов построения информационного устройства типа многопроводной кодовой системы приведен в работе [2].

При проектировании информационных устройств такого типа возникают трудности, связанные с расчетом распределения уровней избирающих потенциалов (затухание сигнала) в кодовых шинах линии связи в зависимости от числа телеячеек, нагружающих линию, расположения их вдоль нее и длины последней. Для нормального функционирования устройства необходимо обеспечить на самом удаленном конце линии связи уровни избирающих сигналов (нижний отпирающий $U_{0(-)}$ и верхний запирающий $U_{3(+)}$ уровень потенциалов) не менее заданного порогового.

Расчет уровней избирающих потенциалов в кодовых шинах линии связи производится по эквивалентной схеме, параметры которой в каждом конкретном случае определяются исходными параметрами реальной (принципиальной) схемы нагруженного контура избирания линии связи.

Будем обосновывать и выводить аналитические выражения для параметров эквивалентной схемы (переходные коэффициенты) в зависимости от параметров и режима нагрузки реального контура избирания следующим образом.

1. Составим принципиальные схемы контуров избирания линии связи устройства для одного (рис. 1, *а*) и двух (рис. 2, *а*) разрядов кода с полным набором телеячеек — ТЯ (т. е. соответственно с двумя и четырьмя телеячейками) в каждой схеме.

На рис. 1, *а* и 2, *а* показаны только дешифраторы — схемы «И» телеячеек, которые собственно и являются полезной нагрузкой контура избирания. Ключи-усилители телеячеек принципиально выполнены так, что их влиянием на величину затухания сигнала в адресных шинах можно пренебречь.

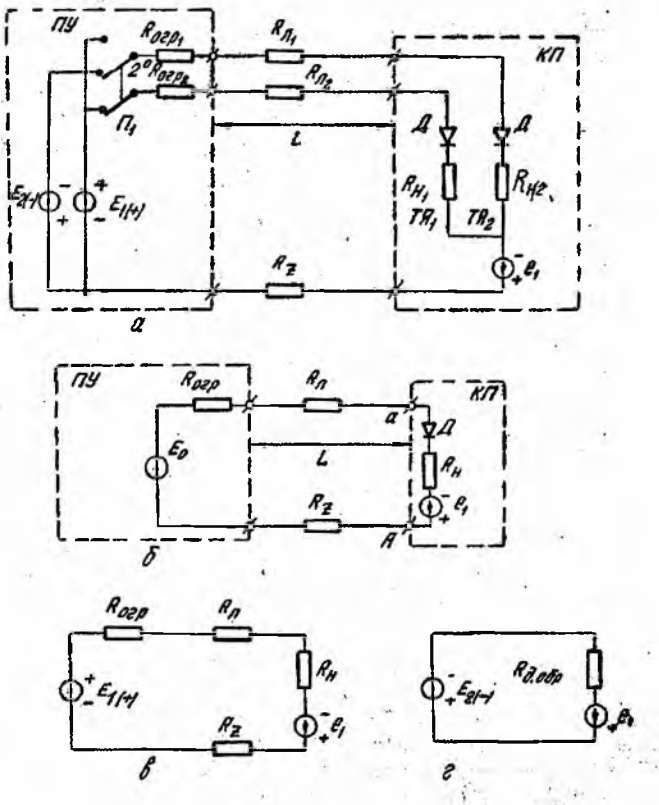


Рис. 1. Схемы контуров избирания для двух телеячеек:

а — принципиальная схема; *б* — принципиальная схема для расчета $U_{в\,(+)}$ или $U_{0\,(-)}$; *в* — эквивалентная схема для расчета $U_{в\,(+)}$; *г* — эквивалентная схема для расчета $U_{0\,(-)}$

2. Последовательно преобразовав эти схемы в соответствующие эквивалентные схемы рис. 1, *в*, *г* и 2 *в*, *г*; обоснуем и выведем аналитические выражения, позволяющие находить по исходным параметрам принципиальной схемы значения переходных коэффициентов для рассматриваемых случаев.

3. Полученные аналитические зависимости индуктивно распространяем на параметры эквивалентной схемы (переходные коэффициенты) в устройстве любой емкости.

Рассмотрим принципиальные схемы контуров избирания устройства на рис. 1, *а*, 2, *а*. Основными параметрами, которые определяют зату-

хание избирающего сигнала, коммутируемого в кодовые шины от источников $E_{1(+)}$ и $E_{2(-)}$, в этих схемах являются: $R_л = \rho L$ — сопротивление отдельной адресной шины кабеля, где ρ — километрическое сопротивление жилы кабеля постоянному току и L — длина линии связи от ПУ до КП (в рассматриваемом случае это сосредоточенные в одном месте линии дешифраторы телеячеек):

$R_г = \frac{R_л}{K}$ — сопротивление общей шины «земля» контура избирания, где K — число параллельных шин, передающих потенциал земли;

$R_{огр}$ — ограничивающее сопротивление, включенное в начале каждой кодовой шины кабеля на ПУ для защиты источников $E_{1(+)}$ и $E_{2(-)}$ от токов короткого замыкания;

$R_д$ — сопротивление диода дешифратора телеячейки;

$R_н$ — сопротивление дешифратора или входное сопротивление телеячейки, нагружающей контур избирания;

N — число телеячеек, сосредоточенных в одном КП.

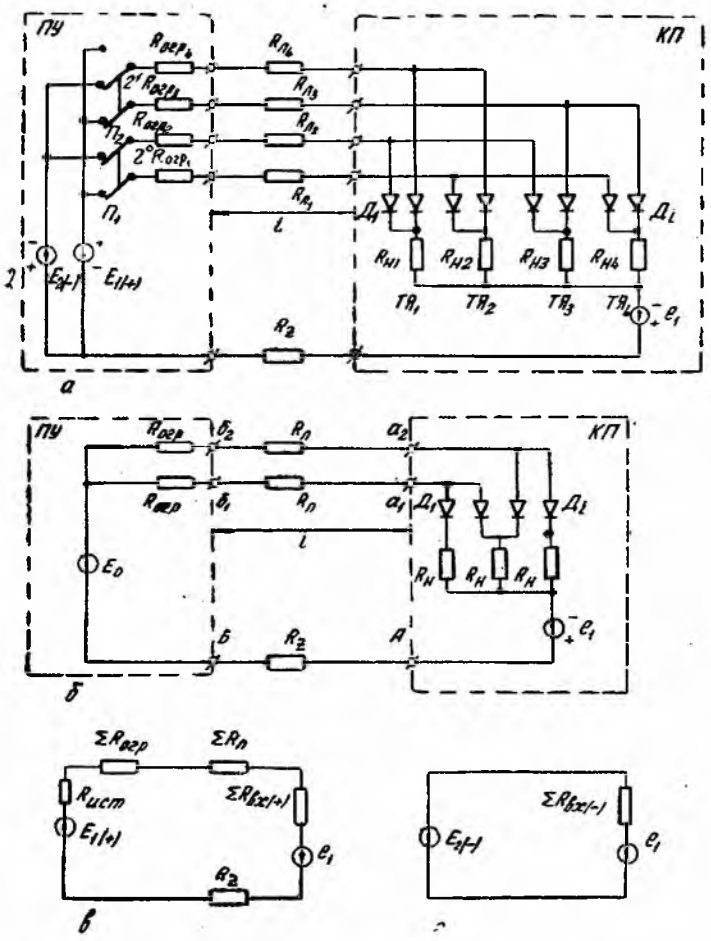


Рис. 2. Схемы контуров избирания для четырех телеячеек:
а — принципиальная; *б* — принципиальная для $U_{з(+)}$ или $U_{0(-)}$; *в* и *г* — эквивалентные.

На рис. 1, *б* и 2, *б* приведены соответствующие рисункам 1, *а* и 2, *а* принципиальные схемы контуров избирания для кодовых шин, передающих одно значение избирающего сигнала — верхний потенциальный уровень разряда кода (запирающий потенциал $U_{з(+)}$), коммутируемый в кодовые шины от источника $E_{1(+)}$, или нижний потенциальный уровень

разряда кода (отпирающий потенциал $U_{0(-)}$), коммутируемый в кодовые шины от источника $E_{2(-)}$. В первом случае полярность источника E_0 на рис. 1, *б* и 2, *б* соответствует полярности источника $E_{1(+)}$, во втором — полярности источника $E_{2(-)}$ на рис. 1, *а* и 2, *а*. Как известно, для любого значения параллельного двоичного кода на входе кодовых шин линии связи одна из парных кодовых шин, передающих значение одного разряда кода, всегда имеет положительный потенциал, а другая — отрицательный. В зависимости от кода данного разряда «1» или «0» осуществляется только смена полярностей в соответствующих данному разряду парных шинах.

Анализ схем, приведенных на рис. 1, *б* и 2, *б*, позволяет утверждать, что при расчете затухания запирающего потенциала $U_{з(+)}$ в кодовых шинах в зависимости от числа дешифраторов ТЯ, нагружающих линию (т. е. от емкости устройства), параметры расчетной эквивалентной схемы рис. 1, *в* и 2, *в* определяется из выражений

$$\Sigma R_{вх(+)} = \frac{R_н}{N-1}, \tag{1}$$

$$\Sigma R_{огр} = \frac{R_{огр}}{n}, \tag{2}$$

$$\Sigma R_л = \frac{R_л}{n}, \tag{3}$$

$$R_z = \frac{R_л}{K}. \tag{4}$$

Здесь $\Sigma R_{вх(+)}$ — суммарное входное сопротивление сосредоточенных в одном месте телеячеек (суммарное входное сопротивление КП);

$\Sigma R_{огр}$ — суммарное ограничивающее сопротивление на входе кодовых шин линии связи;

$\Sigma R_л$ — суммарное сопротивление кодовых шин линии связи;

R_z — сопротивление общей шины «земля»;

n — число кодовых шин, передающих потенциал или $U_{0(-)}$,

$$n = E(\log_2 N), \tag{5}$$

где $E(\log_2 N)$ — ближайшее снизу к $\log_2 N$ целое число при $N \geqslant 2$.

Необходимость определения n с помощью выражения (5) вызвана следующими соображениями. При неполном наборе дешифраторов ТЯ, нагружающих контур избирания, что вполне вероятно в реальных условиях эксплуатации устройства, число кодовых шин, передающих потенциал $U_{з(+)}$ на входы подключенных к ним дешифраторов ТЯ, изменяется в зависимости от набора двоичного кода в этих шинах. Выражение (5) при заданном для $E(\log_2 N)$ условии определяет минимальное число кодовых шин, передающих потенциал $U_{з(+)}$ на входы *КП* для самого неблагоприятного с точки зрения затухания сигнала набора двоичного кода в кодовых шинах, что находит отражение в параметрах эквивалентной схемы, рассчитанных по формулам (1) — (3). О достоверности приведенных выше аналитических выражений (1) — (3) свидетельствует тот факт, что в устройстве параметры каждой шины кабеля и каждого дешифратора одинаковы. Действительно,

$$R_{огр\,1} = R_{огр\,2} = \ldots = R_{огр\,i}, \quad R_{л\,1} = R_{л\,2} = \ldots = R_{л\,3},$$

прямые и обратные сопротивления диодов дешифраторов телеячеек

$$R_{д.\,пр\,1} \approx R_{д.\,пр\,2} \approx \ldots \approx R_{д.\,пр\,i}, \quad R_{д.\,обр\,1} \approx R_{д.\,обр\,2} \approx \ldots \approx R_{д.\,обр\,i}.$$

Следовательно, контур избирания представляет собой симметричную схему, в которой потенциалы в кодовых шинах относительно шины

«земля» равны между собой в любой точке линии связи. Например, для схемы рис. 2 *б* по отношению к точке *А* на входе КП потенциал $e_{а1} = e_{а2}$, а относительно общей точки *Б* в начале линии связи потенциал $e_{б1} = e_{б2}$. Мысленно закоротив точку $а_1$ с точкой $а_2$ и точку $б_1$ с точкой $б_2$, а также сопоставив рис. 2, *б* с рис. 1, *б*, мы естественно приходим к обобщенным выражениям (1) — (3), определяющим параметры эквивалентной схемы контура избирания рис. 1, *в* и 2, *в* для расчета затухания сигнала $U_{з(+)}$ в устройствах типа многопроводной кодовой системы с любыми заданными исходными данными: емкости устройства N (число телеячеек), дальности действия L, типа кабеля и др.

Допущение:

При выводе аналитических выражений (1) — (3) прямыми сопротивлениями диодов пренебрегаем. Это допущение обосновано следующими соображениями.

1. $R_{д.\ пр} \ll R_н$ (в устройстве принято $R_п = 30$ *ком*).

2. Число диодов дешифраторов телеячеек, сгруппированных в одном месте и подключенных к кодовым шинам, которые несут положительный $U_{з(+)}$ (или отрицательный $U_{о(-)}$) потенциал,

$$m = \frac{N}{2} \log_2 N. \tag{6}$$

Отсюда суммарное сопротивление диодов

$$\Sigma R_{д.\ пр} = \frac{R_{д.\ пр}}{m}, \tag{7}$$

где $R_{д.\ пр}$ — прямое сопротивление одного диода.

С увеличением числа телеячеек, нагружающих кодовые шины в одном КП, величина $\Sigma R_{д.\ пр}$ уменьшается значительно быстрее (логарифмическая зависимость), чем суммарное входное сопротивление КП, определяемое по формуле (1).

Таким образом, принятое допущение тем в большей степени справедливо, чем больше дешифраторов сосредоточено в одном КП, и вполне приемлемо для реальных условий эксплуатации устройства, когда, как правило, $N \geqslant 8$.

Теперь рассмотрим схемы, приведенные на рис. 1, *б* и 2, *б*, для расчета затухания отпирающего потенциала $U_{о(-)}$ в кодовых шинах. Анализ этих схем при условии, что $E_0 = E_{2(-)} > e_1$ позволяет утверждать, что расчетная эквивалентная схема рис. 1, *г* и 2, *г* имеет один параметр (переходной коэффициент)

$$\Sigma R_{вх(-)} = \Sigma R_{д.\ обр} = \frac{R_{д.\ обр}}{m}, \tag{8}$$

где $R_{д.\ обр}$ — обратное сопротивление одного диода дешифратора.

Допущения:

1. Принимая во внимание, что $R_{д.\ обр} \gg R_н$ при выводе аналитического выражения (8), определяющего $\Sigma R_{вх(-)}$, величиной сопротивления $R_н$ пренебрегаем.

2. Учитывая, что

$$\Sigma R_{вх(-)} = \Sigma R_{д.\ обр} \gg R_{ист} + \Sigma R_{огр} + \Sigma R_л + \Sigma R_н + R_z,$$

величинами $R_{ист}$, $\Sigma R_{огр}$, $\Sigma R_л$, $\Sigma R_н$ и R_z в эквивалентных схемах на рис. 1, *г* и 2, *г* пренебрегаем.

Обоснуем выражение (8) и принятые допущения. Как было показано выше, контур избирания системы представляет собой симметричную схему. Следовательно, обоснование и подход к определению параметров эквивалентной схемы для отпирающего потенциала $U_{о(-)}$ остаются такими же, как и при нахождении параметров эквивалентной схемы для за-

пирающего потенциала $U_{з(+)}$. Разница заключается лишь в определении величины суммарного входного сопротивления КП $\Sigma R_{вх(-)}$. Строго говоря, эквивалентная схема для $U_{о(-)}$ должна включать в себя также переходные коэффициенты $\Sigma R_{огр}$, $\Sigma R_{л}$ и $R_{г}$, определяемые по формулам (2) — (4).

Однако остановимся на оценке величины обратного сопротивления одного диода дешифратора $R_{д.\,обр}$. В дешифраторах ТЯ устройства рекомендуется применять кремниевые диоды типа Д101 — Д104. В спра-

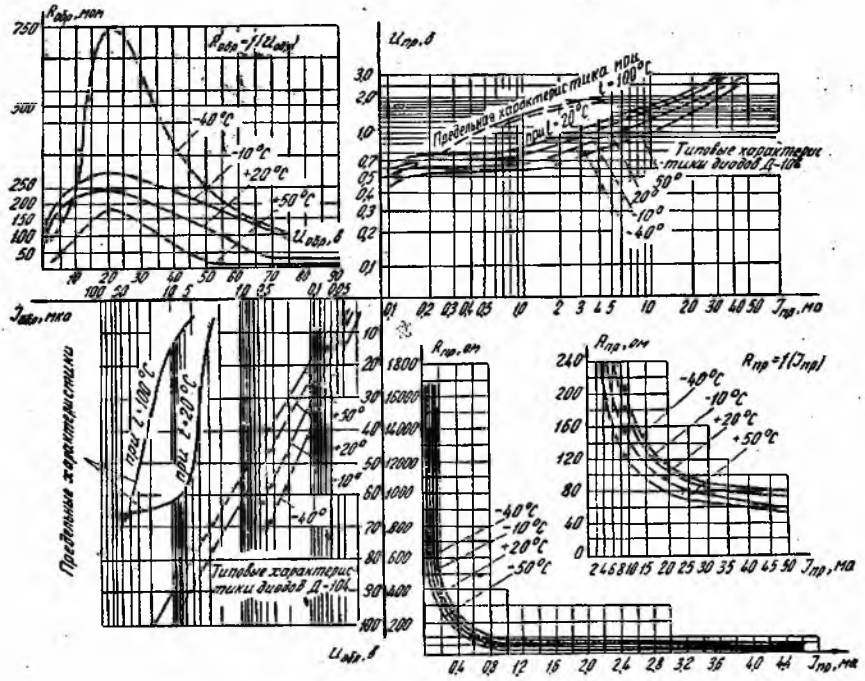


Рис. 3. Зависимости $I_{пр} = f(U_{пр})$, $I_{обр} = f(U_{обр})$, $R_{пр} = f(I_{пр})$, $R_{обр} = f(U_{обр})$ для диодов типа Д-104.

вочной литературе [3, 4], как правило, приводятся предельные значения обратных токов диода при максимально допустимых для данного типа диода обратных напряжениях. Так, например, предельный обратный ток диода Д104 $I_{обр} = 0{,}01$ *ма* при $U_{обр} = -75$ *в* для диапазона температур от —60 до +150°С. Отсюда обратное сопротивление диода $R_{д.\,обр} = 7{,}5$ *Мом*. Но в рассматриваемом случае к диоду Д104 приложено $U_{обр} \approx -12 \div 24$ *в* в диапазоне температур от —10 до +35°С. Для определения зависимостей $R_{д.\,обр} = f(U_{обр})$ при $U_{обр} < -75$ *в* в диапазоне температур от —40 до +50°С были сняты вольт-амперные характеристики диодов типа Д104. В общем случае было исследовано 500 диодов различных партий и выпусков. Результаты исследований — обобщенная вольт-амперная характеристика и построенные на основании ее зависимости $R_{д.\,обр} = f(U_{обр})$ и $R_{д.\,пр} = f(U_{пр})$ представлены на рис. 3.

Как видно из графика $R_{д.\,обр} = f(U_{обр})$, в рамках, соответствующих техническим условиям эксплуатации устройства, т. е. при $U_{обр} = -12 \div +24$ *в* в диапазоне температур от —40 до +50°С, обратное сопротивление диода типа Д104 $R_{д.\,обр} \approx 120 - 250$ *Мом*.

Если учесть, что в устройстве величина сопротивления $R_н$ выбирается из условия $R_н \gg R_{ист} + R_{огр} + R_л + R_z$, становится очевидным, что принятые допущения при определении эквивалентной схемы для расчета затухания потенциала $U_{о(-)}$ вполне справедливы уже по сравнению с паспортными данными величины $R_{д.\,обр}$. Эти допущения еще в большей степени оправданы применительно к значениям величины $R_{д.\,обр}$ в реальных условиях эксплуатации.

На рис. 4 представлена полная расчетная эквивалентная схема реального контура избирания устройства для частного случая, когда вся нагрузка (телеячейки) сосредоточена в одном месте линии связи (в одном КП). Эта схема совмещает в себе контур тока запирающего $U_{з(+)}$ и отпирающего $U_{о(-)}$ потенциалов, которые для удобства рассматривались нами раздельно.

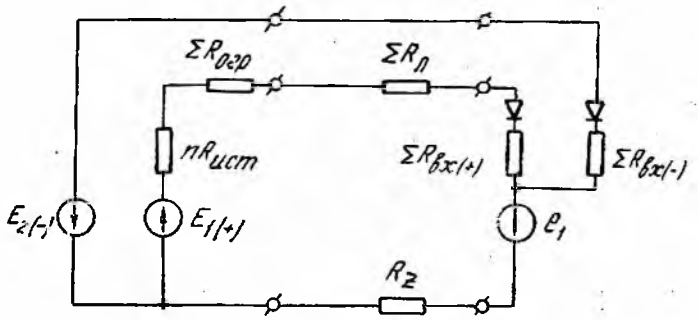


Рис. 4. Полная эквивалентная схема контура избирания устройства для одного КП.

Пользуясь схемой рис. 4 и выражениями (1) — (4), по заданным исходным данным нетрудно определить аналитические выражения и рассчитать уровни избирающих потенциалов для любых предельных режимов нагрузки линии связи устройства.

Основными исходными данными являются максимальная длина линии связи L и километрическое сопротивление токоведущей жилы кабеля постоянному току ρ (по этим данным определяются $R_л = \rho L$), число жил кабеля, передающих потенциал земли K, сопротивление одного дешифратора телеячейки $R_п$, ограничивающее сопротивление в начале каждой кодовой жилы кабеля $R_{огр}$, число телеячеек N, сосредоточенных в одном КП.

Ниже определены аналитические выражения для расчета наиболее характерных предельных режимов нагрузки.

Затухание верхнего потенциального уровня кодового сигнала.

Условие 1. Все ТЯ сосредоточены на самом удаленном от пункта управления контролируемом пункте — в конце линии связи.

Решение:

1. На основании заданных значений исходных данных (L, ρ, K, $R_н$, $R_{огр}$, N) по формулам (1) — (4) определяем параметры эквивалентной схемы рис. 4.

2. Находим уровень запирающего потенциала на входе КП

$$U_{з(+)\,min} = \left\{ \frac{(E_{1(+)} + e_1)\,\Sigma R_{вх(+)}}{n \cdot R_{ист} + \Sigma R_{огр} + \Sigma R_л + \Sigma R_{вх(+)} + R_z} \right\} - e_1. \qquad (9)$$

Условие 2. Все ТЯ сосредоточены на самом близком к пункту управления контролируемом пункте — в начале линии связи ($L = 0$).

Решение:

1. На основании заданных значений исходных данных по формулам (1) — (4) определяем параметры эквивалентной схемы рис. 4.

При этом, так как $L = 0$, то $\Sigma R_л = 0$, $R_z = 0$.

2. Находим уровень запирающего потенциала на входе КП

$$U_{з(+)\,max} = \left\{\frac{(E_{1(+)} + e_1)\,\Sigma R_{вх}}{n \cdot R_{ист} + \Sigma R_{огр} + \Sigma R_{вх(+)}}\right\} - e_1. \qquad (10)$$

Затухание нижнего потенциального уровня кодового сигнала.

Условие 1. Все ТЯ сосредоточены на самом удаленном от пункта управления контролируемом пункте — в конце линии связи.

1. На основании заданных значений исходных данных по формулам (1) — (4) определяем параметры эквивалентной схемы рис. 4.

2. Находим уровень отпирающего потенциала $U_{о(-)\,max}$ на входе КП.

Рассмотрение полной эквивалентной схемы рис. 3 показало, что

$$U_{о(-)\,max} = E_{2(-)} + e_z, \qquad (11)$$

где

$$e_z = \frac{(E_{1(+)} + e_1)\,R_s}{n \cdot R_{ист} + \Sigma R_{огр} + \Sigma R_л + \Sigma R_{вх(+)} + R_z}.$$

Условие 2. Все телеячейки сосредоточены на самом близком к ПУ контролируемом пункте — в начале линии связи ($L = 0$).

Учитывая, что $L = 0$, имеем $\Sigma R_л = 0$ и $R_z = 0$. Подставив эти значения в выражение (11), получим $e_z = 0$. Отсюда уровень отпирающего потенциала $U_{0(-)\,min}$ на входе КП

$$U_{0(-)} = E_{2(-)}. \qquad (12)$$

Полагая $L = 10$ *км*, $\rho = 86$ *ом/км*, $K = 4$, $R_н = 30$ *ком*, $R_{огр} = 0{,}5$ *ком*, $e_1 = 6$ *в*, $R_{ист} = 1$ *ом*, $E_{1(+)} = 24$ *в* в выражениях (9), (10), (11), (12), строим зависимости $U_{з(+)\,max} = f(N)$, $U_{з(+)\,min} = f(N)$ и $U_{о(-)\,max} = f(N)$, $U_{о(-)\,min} = f(N)$ — см. график рис. 5 (сплошные линии).

Представляет интерес несколько иная постановка задачи. Определяется максимальная емкость устройства в зависимости от дальности действия — длины линии связи L при заданных значениях верхнего потенциального уровня кодового сигнала $E_{1(+)}$, коммутируемого в кодовые шины линии связи с ПУ, и минимально допустимом уровне запирающего потенциала на входе КП, в конце линии связи (при заданном затухании сигнала). Это значит, что находится зависимость $N = f(L)$ или $N = f(R_л)$ при $E_{1(+)} = \text{const}$ и $U_{з(+)} = \text{const}$ ($b_п = \text{const}$).

Необходимое для расчета аналитическое выражение получают из формулы (9) после подстановки вместо члена $\Sigma R_{вх(+)}$ его значения $\frac{R_н}{N-1}$ из соотношения (1):

$$N = \frac{R_в\,(E_{1(+)} - U_{з(+)\,min})}{\theta'\,(U_{з(+)\,min} + e_1)}, \qquad (13)$$

где

$$\theta' = nR_{ист} + \Sigma R_{огр} + \Sigma R_л + R_z.$$

Это уравнение решается методом подбора. Для заданной величины необходимо ориентировочно определить n — число разрядов кода. Полученное после расчета значение N должно удовлетворять условию $n =$

$= E(\log_2 N)$, где $E \log_2 N$ — ближайшее сверху к $\log_2 N$ целое число. В противном случае необходимо уточнить расчет для данной величины L, подставив в (13) новое значение n.

Полагая $\rho = 86$ *ом/км*, $K = 4$, $R = 30$ *ком*, $R_{огр} = 0{,}5$ *ком*, $e_1 = 6$ *в*, $E_{1(+)} = 24$ *в*, $U_{з(+)\,min} = 1$ *в* и $R_{ист} = 1$ *ом* в выражении (13), строим зависимость $N = f(L)$ — см. график рис. 6 (сплошная линия).

Результаты расчета, проведенного по изложенной выше методике, были проверены на лабораторном макете в условиях, максимально приближенных к реальным. Экспериментальные данные, полученные на реальном макете, хорошо согласуются с расчетными, что подтверждает достоверность расчетов. Полученные экспериментальные зависимости показаны на рис. 5, 6 штрихпунктирными линиями.

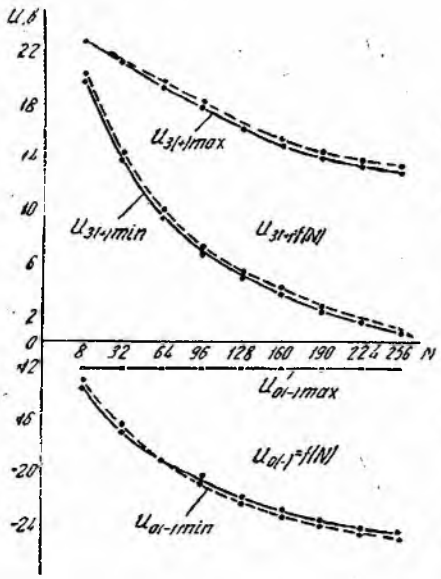


Рис. 5. Зависимости $U_{з(+)} = f(N)$, $U_{0(-)} = f(N)$:
$L = 10$ *км*, $\rho = 86$ *ом*, $R_{огр} = 500$ *ом*, $R_н = 30$ *ком*; $E_{(+)} = 24$ *в*, $E_{(-)} = -12$ *в*, $U_п = -6$ *в*.

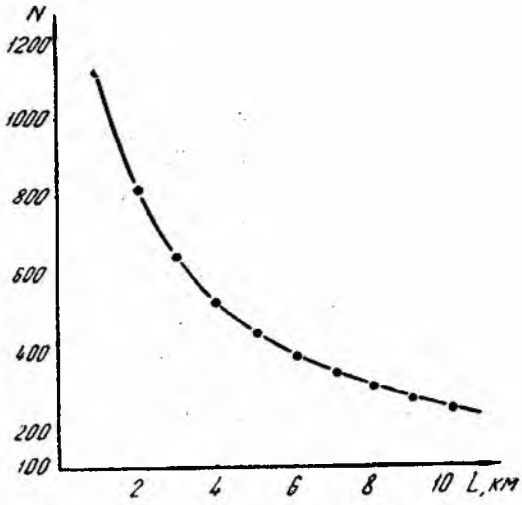


Рис. 6. Зависимость $N_{тя} = f(L)$:
$\rho = 86$ *ом*, $R_{огр} = 500$ *ом*, $R_н = 30$ *ком*, $E_{з(+)} = +24$ *в*, $U_{з(+)\,min} \approx +1$ *в*, $b_{н(+)\,max} \approx 3{,}2 = const$

В качестве линии связи в устройстве предполагается использование телефонного распределения кабеля типа ТМШК или ТРШ, имеющего следующие паспортные данные: сопротивление токопроводящей жилы кабеля постоянному току ρ' — не более 50 *ом/км*, сопротивление изоляции каждой жилы по отношению к остальным жилам, соединенным с землей, — 1000 *Мом/км*, электрическая емкость каждой жилы кабеля по отношению ко всем остальным, соединенным с землей, — не более 0,2 *мкф/км*.

В макете эти параметры были имитированы набором сопротивлений и емкостей на каждый километр жилы кабеля. Километрическое сопротивление жилы кабеля с учетом старения в процессе эксплуатации и сопротивлений контактов в распределительных коробках, в макете и при расчете было принято равным приблизительно $1{,}5\rho'$, т. е. $\rho = 86$ *ом/км*. В качестве нагрузки в макете использовались реальные телеячейки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Федосепко, А. Г. Мелик-Аскаров, Л. Ф. Чуфряков. К вопросу выбора структуры системы. Труды 3-го Всесоюзного совещания по автоматическому управлению. Изд-во «Наука», 1967.
2. А. Г. Мелик-Аскаров, Л. Ф. Чуфряков, Г. А. Федосенко. Многопроводная кодовая система ТУ—ТИ—ТС для шахт и рудников. Сб. статей «Автоматизация шахт и рудников». Изд-во «Техника», Киев, 1967.
3. Р. С. Гуреев. Справочник по электронным приборам. Изд-во «Техника», Киев, 1966.
4. И. Ф. Николаевский. Транзисторы и полупроводниковые приборы. Справочник. Связьиздат, 1963.
5. Н. Д. Босый. Каналы связи. Изд-во «Техническая литература УССР», Киев, 1963.
6. В. П. Сторский. Методы анализа электронных схем с многополюсными элементами. Изд-во АН УССР, Киев, 1958.

ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ИНДИКАТОРА

И. Ф. Огороднейчук, А. И. Бых, Ю. К. Худенский

Харьков

Электрохемилюминесцентные отображающие устройства находят применение при конструировании плоских и объемных индикаторов [1]. Индикаторы такого типа реализуют обратимые электрохимические реакции в растворах, содержащих вещества, люминесцирующие при протекании через ячейку индикатора переменных токов до 10 *та* и напряжениях от 3 до 10 *в*.

Можно предположить, что испускание света в ячейке индикатора связано с протеканием тока, который в общем случае является функцией параметров устройства и питающего напряжения. Амплитудное значение тока может быть записано так [2]:

$$\Delta i_s = A \cdot U \cdot C (\omega D_0)^{\frac{1}{2}}, \qquad (1)$$

где A — постоянный коэффициент;
U — амплитуда приложенного напряжения;
C — концентрация люминесцирующего вещества в объеме раствора;
ω — частота возбуждающего напряжения;
D_0 — коэффициент диффузии люминесцирующего вещества в рабочем растворе.

Зависимость (1) справедлива лишь для низкочастотной области, так как в этом случае скорость электрохимической реакции на электродах превышает периодические диффузионные изменения концентрации люминесцирующего вещества:

$$\kappa \gg \sqrt{\omega D_0}, \qquad (2)$$

где κ — константа скорости электрохимической реакции при стандартном потенциале на электроде.

На высоких частотах, где

$$\kappa \ll \sqrt{\omega D_0},$$

ток является функцией κ и практически не зависит от ω. Коэффициент κ, определенный из условия полярографической обратимости электрохемилюминесцентной реакции в ячейке индикатора [2],

$$\kappa > 2 \cdot 10^{-2}\ см \cdot сек^{-1},$$