

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Н. А. Филиппов

ИССЛЕДОВАНИЕ
МНОГОКАЧЕСТВЕННЫХ
ИМПУЛЬСОВ В СИГНАЛАХ
ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Фрунзе 1959

А3

192360

Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

«Производительность труда, писал В. И. Ленин,—это в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя». Данное положение особо подчеркивается и в решениях XXI съезда КПСС.

Автоматика и телемеханика на современном этапе развития техники являются мощным средством повышения производительности труда.

Реферируемая работа представляет собой попытку дальнейшего развития некоторых вопросов телеуправления (ТУ).

В основе техники ТУ лежит передача сигналов, несущих ту или иную команду. Свойства сигналов в значительной мере определяют основные технико-экономические показатели устройств ТУ. Сигналы ТУ в общем случае состоят из одного или чаще нескольких импульсов. В любом импульсе для переноса команды используется один или несколько импульсных признаков, каждый из которых проявляется через одно из нескольких значений, называемых нами *вариациями*, или изменениями данного признака. Например, полярный импульсный признак проявляется через одно или другое направление тока в данном импульсе. Если в избирательном импульсе используется один признак, то мы называем его *однокачественным импульсом (ОИ)*, если два и больше—*многокачественным (МИ)*.

Поскольку МИ обеспечивают сигналам ТУ большие комбинационные возможности, чем ОИ, то их исследованию и посвящается реферируемая работа.

В главе первой рассматриваются современное состояние и перспективы использования МИ в сигналах ТУ, а также описываются две серии МИ, предложенные автором [1].

Со времени становления телемеханики (ТМ) для передачи команд в основном использовались системы сигналов, составленные из ОИ. За последнее время все чаще стали появляться устройства, работающие на сигналах, составленных из МИ. Примерами таких устройств могут служить устройства ТМ типа УТМ—К Е. П. Кондратьева, частотно-фазовое устройство ТУ О. А. Горяинова, устройство для распределенных объектов, разработанное в ИАТ АН СССР Р. В. Биликом и т. д. Наконец, проф. М. А. Гавриловым была предложена система сигналов с комбинированным использованием импульсных признаков МИ постоянного тока.

Поскольку сигналы ТУ, составленные из МИ, по сравнению с сигналами, состоящими из ОИ, требуют меньшего числа каналов связи, или меньшего времени для их транспортировки, то их применение следует считать перспективным.

Повышение эффективности сигналов ТУ достигается за счет увеличения комбинационных возможностей как МИ, так и ОИ.

Примерами роста комбинационных возможностей ОИ могут служить серии импульсов, отличающиеся частотой, фазой и т. д.. Увеличение числа вариаций частотного признака достигнуто путем создания узкодиапазонных реле частоты Ф. А. Катковым и др.. Увеличение же числа вариаций фазового импульсного признака достигнуто созданием соответствующих схем, например, В. П. Сабадашевым.

Комбинационные возможности отдельных серий МИ до последнего времени ограничивались 4—8 командами. В настоящее время они значительно расширены. В определенной степени этому способствовало и появление двух ранее упомянутых серий МИ.

Первая из них представляет собой совокупность импульсов переменного тока, отличающихся друг от друга вариациями частотного, фазового, временного импульсных признаков, а также полярно-динамического (полярность первого и последнего полупериодов) и признака «общей полярности» (отношения амплитуд полупериодов разных полярностей).

Вторая серия МИ—совокупность импульсов одной высокой частоты; каждый импульс, будучи модулированным одним из МИ первой серии, отличается от других вариациями частотного, временного, относительно-амплитудного (глубина модуляции) и полярно-динамического импульсных признаков.

В каждом частном случае, естественно, можно использовать в импульсах обеих серий наиболее подходящую часть признаков.

В главе второй излагаются основные теоретические исследования, касающиеся комбинационных возможностей МИ.

Поскольку структура сигналов предопределяет в значительной степени такие важнейшие характеристики устройств ТУ, как их потенциальная ёмкость, надежность работы, тип линии связи, узлы формирования и расшифровки сигналов, то в первую очередь был проведен анализ структуры МИ. Последняя имеет следующие особенности.

1. МИ, как любые избирательные импульсы, требуют для их транспортировки только один канал связи.

2. МИ одной какой-либо серии отличаются друг от друга номерами вариаций их импульсных признаков.

3. Количество различных МИ данной серии определяется числом используемых в них импульсных признаков и вариаций последних.

4. МИ, признаки которых используются самостоятельно, с точки зрения комбинационных возможностей равноценны нескольким ОИ, каждый из которых транспортируется по собственному каналу связи и несет самостоятельно отдельную команду.

5. МИ, признаки которых используются совместно так, что команда определяется комбинацией вариаций этих импульсных признаков, равноценны нескольким ОИ, проходящим одновременно по нескольким каналам связи и несущим одну команду.

6. Максимальное число вариаций импульсного признака ограничивается надежностью их распознавания.

7. Из пунктов 1, 3, 4, 5 вытекает, что МИ позволяют составлять системы сигналов, обеспечивающие по сравнению с сигналами из ОИ, построение устройств ТУ, отличающихся высоким быстродействием, емкостью и экономичностью.

Эффективность МИ, подсчитанная по отношению к эффективности ОИ на основании обеспечиваемых ими при равных условиях чисел команд, определена М. А. Гавриловым. Первая оказалась выше второй. В реферируемой работе для сравнительной оценки этих импульсов как с точки зрения их эффективности, так и надежности передачи ими команд, сравнение проведено с позиции теории информации.

Результаты расчета говорят о том, что эффективность МИ выше эффективности ОИ при любых равных значениях емкостей сравниваемых импульсов. Чтобы оценить надежность передачи команд с помощью МИ по сравнению с ОИ, необходимо остановиться на некоторых особенностях этих импульсов.

С этой точки зрения весьма важной является комплектность импульсных признаков МИ. Она вытекает из того, что эти импульсы образуются не путем наложения (или совмещения) нескольких признаков на их физическую

сигналу, а путем неэквивалентности в последней потенциально заложенных признаков. Например, импульс постоянного тока, в котором для кодирования используются полярность, амплитуда и длительность, не может быть представлен с частью этих признаков. Любые помехи могут лишь исказить или преобразовать вариации импульсных признаков МИ или подавить совершенно весь импульс, но уничтожить часть признаков, оставив другие, они не могут. Следствием этого свойства МИ является невозможность использовать комплектность их признаков для защиты от искажений.

Общая искажаемость МИ, в которых единичное искажение не влечет за собой другое, определяется суммой искажаемостей вариаций его признаков. Следовательно, в общем случае абсолютная величина искажаемости МИ выше искажаемостей отдельных элементов МИ общая искажаемость импульса определяется его наиболее подверженным искажениями элементом. В последнем случае есть возможность снижения общей искажаемости МИ за счет перераспределения величин искажаемостей его импульсных признаков и вариаций. Это достигается перераспределением количества энергии приходящихся на долю импульсных признаков МИ и их вариаций.

Сравнительная оценка искажаемостей МИ и ОИ производилась по их удельной защищенности при условии равенства единице защищенности любой вариации как МИ, так и ОИ. При этом рассматривался случай, когда переход любой вариации в соседнюю не влек за собой переход вариаций других признаков. Результаты вычислений говорят о том, что удельная защищенность МИ выше удельной защищенности ОИ при любых равных объемах сравниваемых сигналов. Общий же закон изменения удельной защищенности при увеличении объемов сравниваемых сигналов носит в обоих случаях характер ниспадающей кривой.

Из одновременного рассмотрения эффективности и искажаемости МИ можно видеть, что общая их искажаемость и емкость оказываются тем выше, чем больше используется в них элементов комбинирования. Следовательно, для реализации высокой емкости МИ нужно понизить их искажаемость.

Пути снижения искажаемости МИ:

1. Рациональный выбор физической основы импульсов.
2. Рациональный выбор типа импульсных признаков.
3. Увеличение энергии импульсов.
4. Максимально возможное выравнивание величин искажаемости импульсных признаков и их вариаций за счет соот-

ветствующего перераспределения величин энергии, приходящихся на них.

5. Неиспользование некоторого количества МИ из их полной системы.

По последнему пункту был проведен выбор систем МИ, обеспечивающих при определенных их искажениях нормальную передачу команд или перевод искаженного сигнала в защитный отказ. При этом сигналы ТУ рассматривались как числа смешанной системы счисления.

Отображение любого сигнала числом некоторой смешанной системы счисления производится так, что каждый разряд представляет собой определенный импульсный признак некоторого импульса данного сигнала, а знак этого разряда отображает номер вариации, которой представлен данный признак.

Выписывание любой полной системы сигналов производится в следующей последовательности. Сначала выписываются все числа при последовательной смене знаков первого разряда и постоянных знаках остальных. Затем меняется знак второго разряда и выписываются очередные числа при повторной смене знаков первого разряда. Эта операция производится до тех пор, пока не выпишется число, в котором все разряды представлены последними знаками.

Такой порядок выписывания сигналов позволяет дать систему взаимосвязанных уравнений, с помощью которых можно непосредственно выписать сигнал любого номера любой системы, минуя ее полное составление:

$$\begin{aligned}
 & 1. j'_n = N^0 C_1 \cdot K_n \\
 & 2. j'_{n-1} = (C_1 + 1) - C_2 \cdot K_{n-1} \\
 & 3. j'_{n-2} = (C_2 + 1) - C_3 \cdot K_{n-2} \\
 & \dots \\
 & (m+1). j'_{n-m} = (C_m + 1) - C_{m+1} \cdot K_{n-m} \\
 & \dots \\
 & n. j'_1 = (C_{n-1} + 1) - C_n K_1
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь j'_i — номер вариации, которой представлен i -й импульсный признак, N^0 — номер определяемого сигнала, K_i — число вариаций i -го импульсного признака, $C_1, C_2, \dots, C_n = 0, 1, 2, 3, \dots$ так, чтобы $j'_i = 1, 2, 3, \dots, K_i$, n — число импульсных признаков.

Отыскание номера любого известного сигнала, производится в общем случае с помощью следующего соотношения:

$$N^0 = \sum_{i=1}^{i=n} (j'_i - 1) \prod_{i_0=i+1}^{i_0=n} K_{i_0} + j'_n, \tag{2}$$

где N^0 — номер сигнала, i — номер импульсного признака j'_i —

номер вариаций, которой представлен i -й импульсный признак, K_{i0} —число вариаций $(i+1)$ -го импульсного признака, p —число импульсных признаков.

Поскольку величины K могут быть любыми и неравными, выражения (1); (2) применимы к любым системам сигналов, описываемым любой системой счисления, как смешанной, так и с постоянным основанием, в том числе, например, двоичной или десятичной. Эта инвариантность выражений (1), (2) по отношению к K говорит о том, что они являются алгоритмами нахождения: 1-е—сигнала по основаниям разрядов системы сигналов, 2-е—номера сигнала по известным номерам его вариаций, которыми он представлен.

Совместное использование этих формул позволяет транспонировать любой номер сигнала одной системы счисления в сигнал того же номера в другой системе счисления.

Далее устанавливается, что система сигналов является полной, если она отображается непрерывным рядом чисел, т. е. таким, в котором любое промежуточное число отстоит от предшествующего и последующего на единицу. Если же система сигналов отображается прерывным рядом чисел, то она является неполной.

Любая система сигналов, защищенных от нескольких ошибок или переносящих при этом условия команду неизменной, является неполной.

Выделение неполной системы сигналов, обладающих свойством защитного отказа при единичных искажениях проведен для тех систем сигналов, вариации любого импульсного признака которых с точки зрения вероятности их взаимных переходов отображаются определенной последовательностью с неовторяющимися элементами. Критерием для выбора таких сигналов является четность (или нечетность) числа четных (или нечетных) вариаций сигнала. Первым рассматривается случай, когда любое единичное искажение не влечет за собой другое.

Чтобы из системы сигналов, представляющих собой ОИ с K вариациями, выбрать защищенные от единичных ошибок, следуют рабочими взять те, вариации которых являются четными или только нечетными. В этом случае единичное искажение любого рабочего сигнала переводит его нечетную вариацию в четную (или наоборот), что обнаруживается при приеме. Число таких сигналов

$$N_3 = 1/2 K \pm 0,5 \quad (3)$$

В общем же случае выявление сигналов, не переходящих друг в друга при единичных ошибках, основывается на том, что рабочими выбираются те, которые имеют четное или рав-

ное нулю число четных вариаций при любом числе нечетных или, с другой стороны, те, которые имеют нечетное число нечетных вариаций при любом числе четных.

Первое условие математически записывается так:

$$\sum_{i=1}^m j_i^c = 2(K-1), \quad (4)$$

где m —общее число импульсных признаков данного сигнала, j_i^c —число четных вариаций, которыми представлен i -й импульсный признак данного сигнала (если данный импульсный признак представлен четной вариацией, то $j_i^c=1$, если нечетной $j_i^c=0$), и $K=1, 2, 3...$

Второе условие—

$$\sum_{i=1}^m j_i^n = 2(K-1) + 1, \quad (5)$$

где m —то же, что и в ф-ле (4), j_i^n —число нечетных вариаций, которыми представлен i -й импульсный признак (если импульсный признак представлен нечетной вариацией $j_i^n=1$, если четной, то $j_i^n=0$), и $K=1, 2, 3...$

Условия четности числа четных вариаций или нечетности нечетных вариаций могут быть изменены на равноценные им условия нечетности числа четных вариаций или четности числа нечетных, т. е. на условия:

$$\sum_{i=1}^m j_i^c = 2(K-1) + 1 \quad (6)$$

или

$$\sum_{i=1}^m j_i^n = 2(K-1) \quad (7)$$

Число таких сигналов и методика их выбора из системы сигналов, отображаемых, например, шестиразрядным числом, определяется, если исходить из условия (4), следующим выражением:

$$N_3 = \prod_{i=1}^6 K_i^n + [K_1^c \cdot K_2^c (K_3^n \cdot K_4^n \cdot K_5^n \cdot K_6^n) + K_1^c]$$

$$\begin{aligned}
& \cdot K_3^q (K_2^h K_4^h K_5^h K_6^h) + \dots + K_1^q \cdot K_6^q (K_2^h \cdot K_3^h \cdot K_4^h \cdot K_5^h) + [K_2^q \cdot \\
& \cdot K_3^q (K_1^h \cdot K_4^h \cdot K_5^h \cdot K_6^h) + K_2^q \cdot K_4^q (K_1^h \cdot K_3^h \cdot K_5^h \cdot K_6^h) + \dots + K_2^q \cdot \\
& \cdot K_4^q (K_1^h \cdot K_3^h \cdot K_4^h \cdot K_5^h)] + \dots + K_5^q K_6^q (K_1^h \cdot K_2^h \cdot K_3^h \cdot K_4^h) + [K_1^q \cdot \\
& \cdot K_2^q \cdot K_3^q \cdot K_4^q (K_5^h \cdot K_6^h) + K_2^q \cdot K_3^q \cdot K_4^q \cdot K_5^q (K_6^h \cdot K_1^h) + K_3^q \cdot K_4^q \cdot K_5^q \cdot \\
& \cdot K_6^q (K_1^h \cdot K_2^h) + K_4^q \cdot K_5^q \cdot K_6^q K_1^q (K_2^h \cdot K_3^h) + K_5^q \cdot K_6^q \cdot K_1^q \cdot K_2^q (K_3^h \cdot \\
& \cdot K_4^h) + K_6^q \cdot K_1^q \cdot K_2^q \cdot K_3^q (K_4^h \cdot K_5^h)] + [(K_1^q \cdot K_2^q \cdot K_3^q \cdot K_5^q (K_4^h \cdot \\
& K_6^h) + K_2^q \cdot K_3^q K_4^q \cdot K_6^q (K_1^h \cdot K_5^h) + K_3^q \cdot K_4^q \cdot K_5^q \cdot K_1^q (K_2^h \cdot K_6^h) + \\
& + K_4^q \cdot K_5^q \cdot K_6^q \cdot K_2^q (K_3^h \cdot K_1^h) + K_5^q \cdot K_6^q \cdot K_1^q \cdot K_3^q (K_2^h \cdot K_4^h) + K_6^q \cdot \\
& K_1^q \cdot K_2^q \cdot K_4^q (K_3^h \cdot K_5^h)] + [K_1^q \cdot K_2^q \cdot K_4^q \cdot K_5^q (K_6^h \cdot K_3^h) + \\
& + K_2^q \cdot K_3^q K_5^q \cdot K_6^q \cdot (K_1^h \cdot K_4^h)
\end{aligned}$$

$$+ K_3^q \cdot K_4^q \cdot K_6^q \cdot K_1^q (K_2^h \cdot K_5^h) + \prod_{i=1}^6 K_i^q, \quad (8)$$

где K_i^h — число всех нечетных изменений i -го импульсного признака, K_i^q — число всех четных изменений i -го импульсного признака.

В общем виде это выражение может быть представлено формулой:

$$N_3 = \sum_{n=0}^{\frac{m}{2} - (0,5)} \sum_{j=1}^{C_m^{2n}} \left| \Delta_{2n}^q \cdot \Delta_{(m-2n)}^h \right|, \quad (9)$$

$$\text{где } \Delta_{2n}^q = \prod_{i=1}^{2n} K_i^q, \text{ а } \Delta_{(m-2n)}^h = \prod_{i=1}^{m-2n} K_i^h$$

Однако если исходить из идеи представления системы сигналов в виде конечного множества натуральных чисел и структуры последних, то оказывается, что число сигналов, защищенных от единичных ошибок (N_3), всегда равно половине числа полной системы сигналов N . Так, при N четном

$$N_3 = 1/2 N, \quad (10)$$

а при нечетном

$$N_3 = 1/2 N \pm 0,5 \quad (11)$$

Если из полной системы сигналов выбраны сигналы, удов-

летворяющие условию (4) или (5), то оставшиеся сигналы удовлетворяют, соответственно, условию (6) или (7). Из этого следует, что любая полная система сигналов делится на две равные группы сигналов, непереходящих при их единичных искажениях. Таким образом, в случаях, когда принадлежность сигналов к той или иной группе непереходящих сигналов известна, есть возможность использования всех сигналов как сигналов непереходящих при единичных искажениях. Так, это возможно, во-первых при управлении объектами, расположенными в двух или более направлениях от диспетчерского пункта, когда посылка сигналов разных групп осуществляется по собственным каналам связи, во-вторых, при управлении рядом объектов, расположенных последовательно на одной линии связи при посылке на них сигналов по известной очередности, в-третьих, при одновременной посылке любого сигнала на все объекты с получением, как это предлагает В. С. Ус, сигнала, подтверждающего принадлежность посланного к определенной группе непереходящих сигналов.

В случаях же, когда единичное искажение в каком-либо разряде влечет за собой искажение в других разрядах, выбор сигналов, не переходящих друг в друга при единичных ошибках возможен на основе идеи М. А. Гаврилова, заключающейся в том, что все сигналы такой системы делятся на m групп подсигналов, внутри которых не наблюдаются переходы знаков в каком-либо разряде при переходе в другом. В полученных системах подсигналов выбираются по ранее описанным правилам подсигналы с защитным отказом при единичных искажениях. Сигналы, составленные из этих подсигналов, являются искомыми. Их число определяется выражением

$$N_3 = \prod_{i=1}^m (N_i / 2 \pm 0,5), \quad (12)$$

где N_i — полное число подсигналов i -й группы, или приближенно

$$N_3 = \frac{1}{2^m} N. \quad (13)$$

Оба рассмотренных случая иллюстрируются соответствующими примерами на основе предложенных МИ.

В работе рассмотрен также частный метод выделения сигналов из систем наиболее общего типа, которые сохраняют команду неизменной при единичных искажениях. В данном случае, как и в предыдущем, вариации любого импульсного признака исходных сигналов с

точки зрения вероятности их взаимных переходов отображаются определенной последовательностью неповторяющихся элементов.

В простейшем случае, когда сигналы исходной полной системы отображаются одноразрядным числом с основанием K , искомыми сигналами являются те, номера которых (q) определяются выражением.

$$q = 3n + 1, \quad (14)$$

где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Число же этих сигналов N_c в общем виде определяется выражением

$$N_c = \left[\frac{k-1}{3} \right] + 1. \quad (15)$$

(Здесь и далее число в квадратных скобках берется целым).

Для нахождения простого метода выделения искоемых сигналов из наиболее общей системы была использована не точка зрения Хэмминга на непереходящие сигналы, а взаимосвязь между сигналами, проявляющаяся при пространственном их представлении. При этом найдено, что для получения требующихся сигналов необходимо на них наложить следующие условия.

1. Основными избирающими элементами каждого импульсного признака следует считать те его вариации, номера которых (q) определяются формулой (14).

2. Число (P) разрядов, представленных в данных сигналах основными избирающими вариациями, должно быть равным

$$p = 3n + 2, \quad (16)$$

где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ (Для упрощения процесса выявления этих разрядов их следует брать по номерам рядом стоящими).

3. Любые два сигнала выбираемой системы должны различаться не менее чем двумя импульсными признаками, представленными основными вариациями.

Общее число таких сигналов N_c при M (число разрядов) нечетном:

$$N_c = \{ [(A_1 \cdot A_2) + (A_3 \cdot A_4) + \dots + (A_{n-2} \cdot A_{n-1})] + [(A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5) + (A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot A_6 \cdot A_7) + \dots + (A_{n-4} \cdot A_{n-3} \cdot A_{n-2} \cdot A_{n-1} \cdot A_n)] + \dots + [(A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \dots \cdot A_8) + (A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot \dots \cdot A_{10}) + \dots + (A_{n-8} \cdot A_{n-7} \cdot A_{n-6} \cdot \dots \cdot A_{n-1})] + \dots \}, \quad (17)$$

а при M четном:

$$N_c = \{ [(A_1 \cdot A_2) + (A_3 \cdot A_4) + \dots + (A_{n-1} \cdot A_n)] + [(A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5) +$$

$$(A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot A_6 \cdot A_7) + \dots + (A_{n-5} \cdot A_{n-4} \cdot A_{n-3} \cdot A_{n-2} \cdot A_{n-1})] + \dots \}, \quad (18)$$

где A_i — число основных вариаций i -го импульсного признака, определенное по формуле (15), n — число всех импульсных признаков в сигнале.

В общем виде это выражение для любого M и K будет:

$$N_c = \sum_{k=0,1,2,3,\dots} \left(\sum_{j=1,2,3,\dots} \prod_{i=1+2(j-1)}^{(3k+2)+2(j-1)} A_i \right). \quad (19)$$

В качестве примера использования такого метода выделения системы сигналов в работе приводится выбор их из МИ, предложенных автором.

В главе третьей описываются узлы формирования и выявления вариаций импульсных признаков предложенных МИ.

Для формирования и выявления вариаций МИ переменного тока разработана следующая аппаратура.

1. Датчик и приемник четырех вариаций полярно-динамического импульсного признака [7]. Они обеспечивают формирование и выявление импульсов переменного тока, отличающихся полярностью первого и последнего полупериодов.

2. Датчик и приемник трех вариаций импульсного признака «общей полярности» [9]. Эти узлы обеспечивают формирование и надежное выявление импульсов переменного тока с тремя различными отношениями амплитуд полупериодов различной полярности.

3. Приемник двух вариаций фазового импульсного признака. Он отличается от существующих отсутствием трансформаторов. Построен целиком на релейно-вентильных элементах.

4. Приемник частот переменного тока [8]. Принцип его действия заключается в том, что выявление частоты производится за счет определения длительности ее полупериода.

Для формирования и выявления вариаций МИ высокой частоты разработаны следующие узлы.

1. Релейный приемник частот звукового спектра. Он отличается тем, что с помощью одного реле и двух вентилях выделяются биения, образуемые от определяемой и опорной частот. Частота же биений определяется, например, ранее упомянутым узлом.

2. Конденсаторный приемник частот. Принцип его работы заключается в том, что в зависимости от длительности полупериодов определяемой частоты успевает или не успевает заря-

даться конденсатор до потенциала зажигания неоновых ламп. В цепи последних при их зажигании срабатывают реле, фиксирующие прием частоты.

3. Ламповый приемник частот [6]. Этот узел отличается от предыдущего тем, что цепочки R, C, настроенные на определяемые частоты, стоят в сеточных цепях соответствующих тиратронов и управляют работой последних. Стоящие же в анодных цепях реле фиксируют принимаемую частоту.

4. Приемник вариаций относительно-амплитудного импульсного признака. Принцип его работы заключается в том, что на каждую определяемую вариацию имеется одно двухмоточное реле, настроенное так, что при приеме этой вариации оно не срабатывает. Все же реле, настроенные на другие вариации срабатывают.

В главе четвертой рассматриваются устройства ТУ, работающие на сигналах, составленных из МИ. Определена структура взаимосвязи узлов формирования и выявления единичных МИ. Найдено, что структура узлов формирования представляет собой последовательный ряд схем, при прохождении через которые первичного импульса-переносчика формируются требуемые вариации импульсных признаков. Если же переносчиком являются колебания высокой частоты, то они модулируются соответствующими МИ, образованными рядом последовательно соединенных схем.

Номера вариаций формируемых импульсов предопределяются цепями шифратора, с помощью которого предварительно подготавливается каждая схема.

Структура взаимосвязи приемных узлов МИ обоих типов может представлять как последовательное, так и параллельное соединение соответствующих схем. Элементами этих узлов образуется дешифратор, определяющий номер МИ.

Далее рассмотрена структура устройств ТУ, работающих на сигналах, состоящих не из одного, а из нескольких последовательно или параллельно проходящих МИ.

Емкость $(N_{пс})$ устройств ТУ, работающих на последовательном ряде n МИ, каждый из которых может быть одним из $N_{ми}$ определяется выражением

$$N_{пс} = (N_{ми})^n \quad (20)$$

при всех комбинациях и выражением

$$N_{пс} = \binom{n}{N_{ми}} \quad (21)$$

при разовом использовании i -го МИ в данном сигнале.

Емкость (N_p) устройств ТУ, работающих на МИ, проходящих одновременно по N каналам связи, когда каждый из

МИ может быть одним из $N_{ми}$, определяется выражением

$$N_{пр} = (N_{ми})^{N_k} \quad (22)$$

Предложенные серии МИ позволяют создавать устройства ТУ одноимпульсного избирания малой и даже средней емкости. В случаях же, когда требуется повышенная надежность работы таких устройств, целесообразно прибегать к подтверждающему методу передачи команд. В этом случае его преимущества особо велики, поскольку при этом время передачи команд увеличивается незначительно, а количество различных одноимпульсных кодов реализуется полностью. Поэтому далее рассматривается блок-схема устройства ТУ с элементами, обеспечивающими подтверждающий метод передачи команд.

Затем описывается разработанное на основе выше упомянутых схем комплексное устройство ТМ одноимпульсного избирания, поставленное в эксплуатацию на Краснореченском узле Западной ветви Большого Чуйского канала. Передача команд в нем осуществляется МИ переменного тока, в которых используются две вариации фазового импульсного признака, четыре—полярно-динамического и три вариации признака «общей полярности». Устройство, работая на переменном токе по двухпроводной линии связи, позволяет производить подъем или опускание шести затворов, обеспечивает получение показаний уровней воды, степени открытия затворов и подтверждение правильности исполнения посланной команды.

Проведено технико-экономическое сравнение устройств ТУ, работающих на сигналах, составленных из одного или нескольких МИ с устройствами ТУ, работающими на ОИ. Оно проводилось на основе сравнения стоимостей сравниваемых устройств S , складывающихся из стоимостей узлов формирования сигналов Φ , узлов выявления B , узлов распределения импульсов C и стоимости каналов связи K .

$$S = \Phi + B + C + K. \quad (23)$$

Чтобы получить правильное решение вопроса, устройства ТУ сравнивались с равными емкостями и однотипными элементами аппаратуры. При этом, если взять устройства с одинаковым быстродействием, то устройство, работающее на однокачественных импульсах, должно иметь большее число каналов связи, что и обеспечивает преимущество за устройством, работающим на МИ. Если же быстродействие не играет существенной роли, то и в этом случае преимущество остается на стороне устройств, работающих на МИ, поскольку в них распределители импульсов или совершенно не

требуются (при одноимпульсном избирании) или требуются, но меньшие, чем для устройств ТУ, работающих на однокачественных импульсах.

В случаях же, когда требуется высокое быстродействие и нет возможности использовать более одного канала связи, применимы лишь устройства ТУ, работающие на сигналах, составленных из МИ.

ВЫВОДЫ

1. Применение МИ в сигналах ТУ в общем случае обеспечивает технические и экономические преимущества устройствам ТУ, использующим их.

2. Предложены две серии МИ, обеспечивающих построение устройств ТУ одноимпульсного избирания малой и средней ёмкости.

3. Эффективность МИ выше эффективности ОИ при всех равных их ёмкостях.

4. Удельная защищенность МИ выше удельной защищенности ОИ при всех равных их ёмкостях и отсутствии в них сигналов, в которых одно искажение влечет за собой другое.

5. Введено понятие о смешанных системах счисления с указанием одной из возможных областей их использования.

6. Найдено, что любой сигнал ТУ является определенным числом некоторой смешанной системы счисления, а система сигналов отображается конечным множеством этих чисел.

7. Даны алгоритмы для записи и транспонирования любого числа в любых системах счисления, в том числе и в смешанных.

8. Система непереходящих при некоторых искажениях сигналов является неполной и отображается прерывным рядом чисел. Система сигналов, переходящих при единичных искажениях является полной и отображается непрерывным рядом чисел.

9. Любая система сигналов, в которых переход любой вариации в соседнюю не ведет к переходам других вариаций и к ложной команде, равна по количеству сигналов половине ее полной системы.

10. Найден частный метод выделения системы сигналов, обеспечивающих правильную передачу команд при единичных их искажениях.

11. Разработаны узлы формирования и выявления вариаций импульсных признаков предложенных серий МИ.

12. Разработано и поставлено в эксплуатацию устройство ТМ одноимпульсного избирания для управления крупным гидроузлом.

13. Показана целесообразность создания в определенных

случаях устройств ТУ одноимпульсного избирания с подтверждающим методом передачи команд.

14. Произведено технико-экономическое сравнение устройств ТУ, работающих на сигналах, состоящих из МИ, с устройствами, работающими на ОИ. В результате оказалось, что первые имеют преимущество перед последними.

Материалы диссертации отражены в следующих опубликованных статьях и авторских свидетельствах.

1. Филиппов Н. А. Две серии одноимпульсных кодов. Тр. ИВХиЭ АН Киргиз. ССР, вып. VII, 1957.

2. Филиппов Н. А. Комбинационные возможности многокачественных импульсов и новые элементы избирательного включения в телеуправлении. Известия АН Киргиз. ССР, вып. V, Фрунзе, 1958.

3. Филиппов Н. А. Сигналы телеуправления как числа смешанной системы счисления. Юбилейная научная сессия Академии наук Киргизской ССР. ОТН, Фрунзе, 1958;

4. Филиппов Н. А. Об эффективности и искажаемости многокачественных импульсов в телеуправлении. Тр. ИЭиВХ, вып. VIII, Фрунзе, 1959;

5. Филиппов Н. А. Устройство телемеханики для крупных гидротехнических узлов. Труды молодых научных работников АН Киргиз. ССР Фрунзе, 1958;

6. Авторское свидетельство на имя Филиппова Н. А. № 105148 от 28.05.55;

7. Авторское свидетельство на имя Филиппова Н. А. № 114092 от 07. 02. 57.

8. Авторское свидетельство на имя Филиппова Н. А. № 114236 от 30. 04. 57.

9. Авторское свидетельство на имя Филиппова Н. А. по заявке № 566246 от 07. 02. 57. (решение Комитета от 01. 08. 58).

192360

Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

Сдано в набор 11/IV 1959 г. Подписано в печать 25/IV 1959 г. Формат
бумаги 60×92¹/₁₆. Объем 1, 25 п. л.
Д—03021. Тираж 150. Зак. 1014/1

г. Фрунзе, тип. АН Кирг. ССР