ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, Т. 23, № 1

УДК 512.98+621.372.6

МЕТОД СИМВОЛИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И КАСКАДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ N-ПОЛЮСНЫХ ЦЕПЕЙ

В. И. Шестаков

(кафедра общей физики для физического факультета)

§ 1. N-**полюсник** — любая N-полюсная цепь, помещенная (или рассматриваемая как помещенная) в «непрозрачный» («черный») ящик» с **фиксированной последовательностью (кортежем)** $\mathbf{N}=1, 2, \ldots N$ внешних узлов (**выводов** или **клемм**), называемых **полюсами** этой цепи и этого N-полюсника. N-полюсник с m входными и n выходными полюсами называют обычно (m, n)-**полюсником** [1]. N- и (m, n)-полюсные цепи будем обозначать символами ${}^{\mathbf{N}}X$ и ${}^{\mathbf{m}}X_{\mathbf{n}}$, а содержащие эти цепи многополюсники (МП) — соответственно символами ${}^{\mathbf{N}}(X)$ и ${}^{\mathbf{m}}(X)_{\mathbf{n}}$, где X — любая комбинация букв и цифр, используемая для обозначения соответствующей цепи, а полужирные буквы $\mathbf{N}$, $\mathbf{m}$ и $\mathbf{n}$ — кортежи номеров полюсов цепей ${}^{\mathbf{N}}X$ и ${}^{\mathbf{m}}X_{\mathbf{n}}$ и содержащих их МП. Скобки в символах ${}^{\mathbf{N}}(X)$ и ${}^{\mathbf{m}}(X)_{\mathbf{n}}$ обозначают «ящики», содержащие цепи ${}^{\mathbf{N}}X$ и ${}^{\mathbf{m}}X_{\mathbf{n}}$. Вне этих «ящиков» находятся лишь полюсы этих цепей.

В общем случае $N \leqslant m+n$, так как некоторые или даже все входные полюсы МП могут быть также и выходными его полюсами. Например, потенциометр является 3-полюсником с двумя входными и двумя выходными полюсами, т. е. в данном случае $N=3 \leqslant m+n=2+2$.

МП, «ящик» которого лишает внешнего наблюдателя всякой информации о структуре (схеме) содержащейся в нем цепи, но никак не влияет на ее параметры и характеристики, назовем **идеальным** МП. Для идеальных МП, очевидно, справедливы равенства:

$$ {}^{\mathbf{N}}(X) = {}^{\mathbf{N}}X \quad (1а), \qquad {}^{\mathbf{m}}(X)_{\mathbf{n}} = {}^{\mathbf{m}}X_{\mathbf{n}}. \quad (1б)$$

Для реальных же МП они верны лишь приближенно, лишь в той мере, в какой можно пренебречь паразитными (монтажными) параметрами, вносимыми «ящиками» этих МП.

Наиболее массовыми примерами реальных МП могут служить электронные лампы и интегральные микросхемы. Например, электронные лампы 6Г7 и 6Н1П и микросхемы К2УС242 и К2УС241 можно обозначить символами: ${}^{8}(617)$, ${}^{9}(6Н1П)$, ${}^{8}(К2УС242)$, ${}^{9}(К2УС241)$.

(m, n)-Полюсники при $m \leqslant 2$ или $n \leqslant 2$ будем обозначать более простыми символами, получаемыми из универсального символа ${}^{\mathbf{m}}(X)_{\mathbf{n}}$, используя **правило** 1: *скобку* ${}^{\mathbf{m}}($ *при* $\mathbf{m}=\mathbf{0}, \mathbf{1}, \mathbf{2}$ *заменяем соответственно скобками:* $($, $<$, $[$, *а скобку* $)^{\mathbf{n}}$ *при* $\mathbf{n}=\mathbf{0}, \mathbf{1}, \mathbf{2}$ — *соответственно скобками*: $)$, $>$, $]$.

Следуя этому правилу, получаем символы: (X), $<X)$, $[X)$, $(X>$, $<X>$, $[X>$, $(X]$, $<X]$, $[X]$ при $m \leqslant 2$ и $n \leqslant 2$, $(X)_{\mathbf{n}}$, $\langle X)_{\mathbf{n}}$, $[X)_{\mathbf{n}}$ при $m \leqslant 2$ и $n>2$ и ${}^{\mathbf{m}}(X)$, ${}^{\mathbf{m}}(X\rangle$, ${}^{\mathbf{m}}(X]$ при $m>2$ и $n \leqslant 2$. Схематичные изображения МП, обозначенных только этими символами, приведены на рис. 1.

(n, n)-Полюсник ${}^{\mathbf{n}}(X)_{\mathbf{n}}$ обычно называют $2n$-**полюсником** или, следуя [2], n—P-цепью. 2—P- и 1—P-цепи называют обычно **четырех-** и **двухполюсниками** соответственно. Следуя правилу 1, будем обозначать их соответственно символами $[X]$ и $<X>$. Символы $(X>$ и $<X)$ можно применять для обозначения источника энергии или информации

(сигналов) и соответственно приемника энергии или информации. Символ (X) обозначает изолированную (замкнутую) систему, не имеющую ни входов, ни выходов.

§ 2. **Параллельное соединение** (**П-соединение**) МП — такое соединение, при котором их полюсы соединяются соответственно попарно, k-й с k-м, где $k=1, 2, ..., N$. *П*-соединение N-полюсников $^{N}(A)$ и $^{N}(B)$ будем обозначать символом $^{N}(A)+{}^{N}(B)$, а N-полюсник, получаемый в результате этого соединения, — символом $^{N}((A)+(B))$. Если последний МП идеальный, то

$$^{N}((A)+(B)) = {}^{N}(A)+{}^{N}(B), \quad (2а)$$

где $N\neq 0$. Аналогично определим и символ $^{\mathbf{m}}((A)+(B))_{\mathbf{n}}$ идеального (m, n)-полюсника, получаемого П-соединением (m, n)-полюсников $^{\mathbf{m}}(A)_{\mathbf{n}}$ и $^{\mathbf{m}}(B)_{\mathbf{n}}$:

$$^{\mathbf{m}}((A)+(B))_{\mathbf{n}} = {}^{\mathbf{m}}(A)_{\mathbf{n}} + {}^{\mathbf{m}}(B)_{\mathbf{n}}, \quad (2б)$$

где $\mathbf{m}\neq 0$ и $\mathbf{n}\neq 0$.

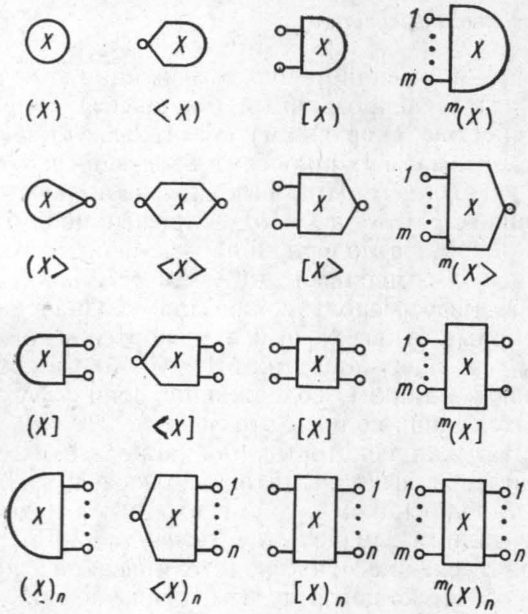

Рис. 1. Схематичные изображения (m, n)-полюсников, обозначенных по правилу 1

Многополюсники $^{N}((A)+(B))$ и $^{\mathbf{m}}((A)+(B))_{\mathbf{n}}$ схематично изображены на рис. 2, *а* и 2, *в* соответственно окружностью и прямоугольником, начерченными пунктирными линиями, а содержащиеся в этих

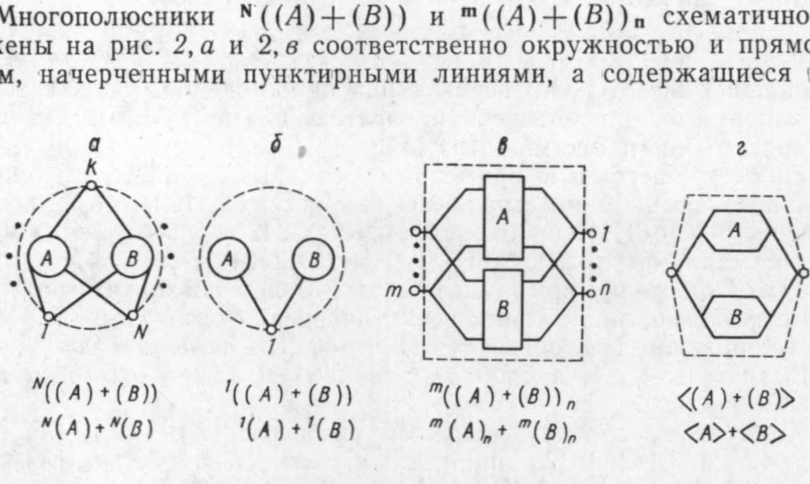

Рис. 2. Схематичные изображения и символы параллельных соединений некоторых многополюсников

МП цепи $^{N}(A)+{}^{N}(B)$ и $^{\mathbf{m}}(A)_{\mathbf{n}}+{}^{\mathbf{m}}(B)_{\mathbf{n}}$ — сплошными линиями. На рис. 2, *б* и 2, *г* схематично изображены соответственно 1- и (1,1)-полюсники $^{1}((A)+(B))$ и $^{1}((A)+(B))_{1}$, причем символ второго из них заменен упрощенным по правилу 1 символом $<A>+<B>$.

Используя знак суммы как знак П-соединения M многополюсников, получаем весьма компактные формулы:

$$^{\mathrm{N}}\Big(\sum_{k=1}^{M}(X_k)\Big)=\sum_{k=1}^{M}{}^{\mathrm{N}}(X_k), \qquad (3а) \qquad {}^{\mathrm{m}}\Big(\sum_{k=1}^{M}(X_k)\Big)_{\mathrm{n}}=\sum_{k=1}^{M}{}^{\mathrm{m}}(X_k)_{\mathrm{n}}, \qquad (3б)$$

обобщающие формулы (2а) и (2б) на любое число МП.

Следует заметить, что, используя знак плюс (+) и обычный знак суммы (Σ), мы предполагаем, что операция П-соединения коммутативна и ассоциативна. Это предположение верно для любых МП с сосредоточенными параметрами при отсутствии внешних полей и внутренних источников энергии (включая заряженные конденсаторы).

Если $X_k=X$ при всех значениях k ($k=1, 2, ..., M$), то эти формулы принимают следующий вид:

$$^{\mathrm{N}}(M\cdot(X))=M\cdot{}^{\mathrm{N}}(X), \qquad (4а) \qquad {}^{\mathrm{m}}(M\cdot(X))_{\mathrm{n}}=M\cdot{}^{\mathrm{m}}(X)_{\mathrm{n}}. \qquad (4б)$$

Правило 1 позволяет упрощать при $m\leqslant 2$ или $n\leqslant 2$ символ П-соединения любого числа M (m, n)-полюсников. Например, при $m=n=1$ и $m=n=2$ формула (3б) принимает соответственно следующий вид:

$$\Big\langle\sum_{k=1}^{M}(X_k)\Big\rangle=\sum_{k=1}^{M}\langle X_k\rangle, \qquad (3б_1) \qquad \Big[\sum_{k=1}^{M}(X_k)\Big]=\sum_{k=1}^{M}[X_k]. \qquad (3б_2)$$

Если $X_k=X$ при всех значениях k, то эти формулы принимают следующий вид:

$$\langle M\cdot(X)\rangle=M\cdot\langle X\rangle, \qquad (4б_1) \qquad [M\cdot(X)]=M\cdot[X]. \qquad (4б_2)$$

Используя рис. 1, мы можем для любого конкретно заданного числа M начертить упрощенные схематичные изображения соответствующих П-соединений МП-цепей, описываемых этими формулами.

§ 3. **Каскадное соединение** (**К-соединение**) ${}^{\mathrm{m}}(X_1)_{\mathrm{n}_1}$ с МП ${}^{\mathrm{n}_1}(X_2)_{\mathrm{n}}$ — соединение, при котором кортеж n_1 входных полюсов второго МП соединен соответственно покомпонентно с кортежем n_1 выходных полюсов первого МП. Это К-соединение условимся обозначать символом ${}^{\mathrm{m}}(X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)_{\mathrm{n}}$. Условимся считать, что узлы, образовавшиеся в результате К-соединения, полюсами не являются, так что в результате К-соединения (m, n_1)-полюсника ${}^{\mathrm{m}}(X_1)_{\mathrm{n}_1}$ с (n_1, n)-полюсником ${}^{\mathrm{n}_1}(X_2)_{\mathrm{n}}$ получаем (m, n)-цепь, которую обозначим символом ${}^{\mathrm{m}}(X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)_{\mathrm{n}}$. Соответствующий идеальный (m, n)-полюсник обозначим символом ${}^{\mathrm{m}}((X_1)_{\mathrm{n}_1}\bullet(X_2))_{\mathrm{n}}$, определяемым формулой

$$^{\mathrm{m}}((X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2))_{\mathrm{n}}={}^{\mathrm{m}}(X_1\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)_{\mathrm{n}}, \qquad (5)$$

где $n_1\neq 0$. Эту формулу легко обобщить на случай любого числа M МП:

$$^{\mathrm{m}}((X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)\underset{\mathrm{n}_2}{\bullet}\cdots\underset{\mathrm{n}_{M-1}}{\bullet}(X_m))_{\mathrm{n}}={}^{\mathrm{m}}(X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)\underset{\mathrm{n}_2}{\bullet}\cdots\underset{\mathrm{n}_{M-1}}{\bullet}(X_M)_{\mathrm{n}}. \qquad (6)$$

На рис. 3, *а* схематично изображена сплошными линиями цепь

$$^{\mathrm{m}}(X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)\underset{\mathrm{n}_2}{\bullet}\cdots\underset{\mathrm{n}_{M-1}}{\bullet}(X_M)_{\mathrm{n}},$$

а пунктирными линиями — (m, n)-полюсник

$$^{\mathrm{m}}((X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)\underset{\mathrm{n}_2}{\bullet}\cdots\underset{\mathrm{n}_{M-1}}{\bullet}(X_M))_{\mathrm{n}},$$

содержащий эту цепь. В дальнейшем мы условимся опускать в последнем символе внешние скобки и полученный таким образом символ

$$^{\mathrm{m}}(X_1)\underset{\mathrm{n}_1}{\bullet}(X_2)\underset{\mathrm{n}_2}{\bullet}\cdots\underset{\mathrm{n}_{M-1}}{\bullet}(X_M)_{\mathrm{n}}$$

будем применять в качестве символа цепи К-соединения M многополюсников в последовательности возрастания k ($k=1, 2, ..., M$) и одно-

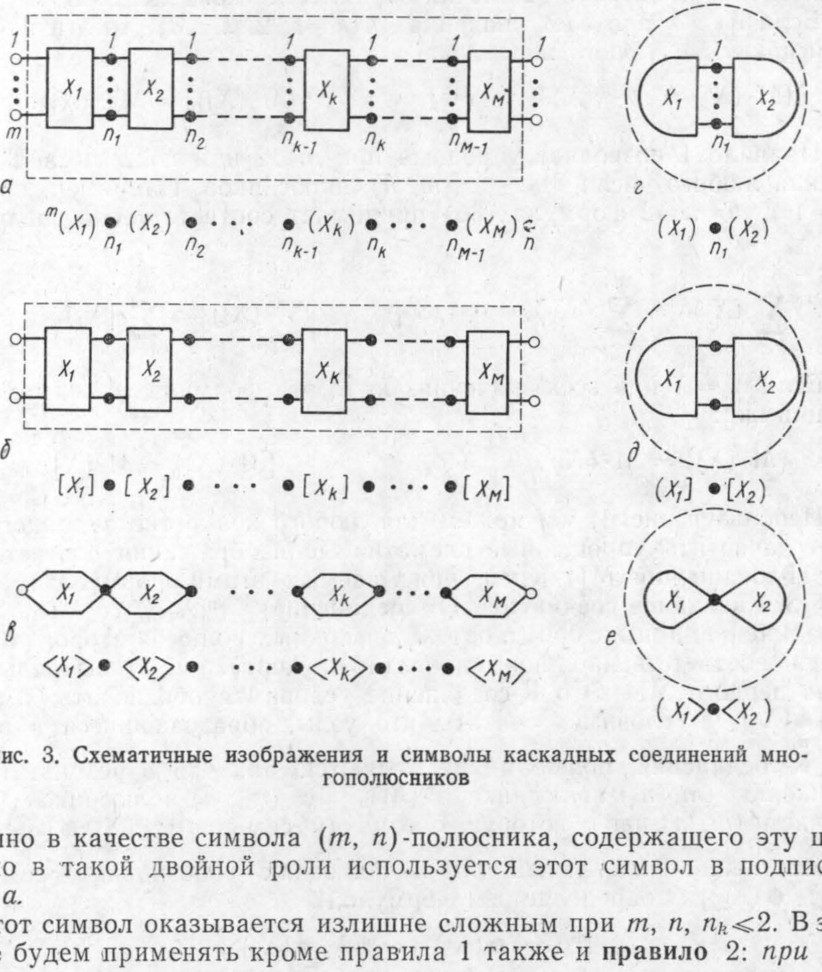

Рис. 3. Схематичные изображения и символы каскадных соединений многополюсников

временно в качестве символа (m, n)-полюсника, содержащего эту цепь. Именно в такой двойной роли используется этот символ в подписи к рис. 3, *а*.

Этот символ оказывается излишне сложным при $m, n, n_k \leqslant 2$. В этом случае будем применять кроме правила 1 также и **правило** 2: *при* $n_k=1, 2$ *знак* $\underset{\mathrm{n}_k}{\bullet}$, *где* $k=1, 2, ..., M-1$, *можно заменять знаком* $\bullet$, *не содержащим индекса* n_k.

Используя совместно правила 1 и 2, мы можем, например, при $n_k=2$ и $n_k=1$ получить символы

$$[X_1]\bullet[X_2]\bullet\cdots\bullet[X_M] \text{ и } \langle X_1\rangle\bullet\langle X_2\rangle\bullet\cdots\bullet\langle X_M\rangle.$$

Первый из них обозначает 2—P-цепь (см. рис. 3, *б*), полученную в результате К-соединения 2—P-цепей: $[X_1]$, $[X_2]$, ..., $[X_M]$, а второй —

1—P-цепь (см. рис. 3, *в*), полученную в результате последовательного соединения 1—P-цепей: $<X_1>$, $<X_2>$, ..., $<X_M>$.

Последовательное соединение двухполюсников $<X_1>$, $<X_2>$, $<X_M>$ — **частный случай каскадного соединения** n—P-**цепей.**

Простейшими из N-полюсников, получаемых посредством К-соединений (m, n)-полюсников, являются 0-полюсники. Полагая в символе M-каскадного (m, n)-полюсника $M=2$ и $m=n=0$, получаем формулу

$$^{\mathbf{m}}(X_1) \underset{\mathbf{n}_1}{\bullet} \cdots \underset{\mathbf{n}_{M-1}}{\bullet} (X_M))_{\mathbf{n}} = ((X_1) \underset{\mathbf{n}_1}{\bullet} (X_2)), \tag{5a}$$

правая часть которого является символом 0-полюсника, схематично изображенного на рис. 3, *г* в соответствии с рис. 1. В частности, при $n_1=$ $=2$ и $n_1=1$ получаем отсюда схематично изображенные на рис. 3, *д* и 3, *е* 0-полюсники, полученные в результате К-соединений $(X_1] \bullet [X_2)$ и $(X_1\rangle \bullet \langle X_2)$. Заметим, что на рис. 3, *а* — 3, *е* помещены символы лишь К-цепей, содержащихся в соответствующих (m, n)- и 0-полюсниках, а символы этих МП опущены.

В силу того что последовательности $\mathbf{m}$ и $\mathbf{n}$ полюсов МП **фиксированы**, существует лишь **единственный** способ непосредственного К-соединения двух МП $^{\mathbf{m}}(X_1)_{\mathbf{n}_1}$ и $^{\mathbf{n}_1}(X_2)_n$, а именно определенный выше. К-соединение МП с **перестановкой** соединяемых полюсов можно осуществить лишь с помощью специальных **соединителей** — промежуточных каскадов, осуществляющих требуемые перестановки полюсов. Эти соединители будем обозначать символами вида $^{\mathbf{n}}(X)_{\mathbf{n}}$, где X — обычный символ подстановки. Так, например, для осуществления всех возможных К-соединений (кроме непосредственного К-соединения) $(m, 3)$-полюсника $^{\mathbf{m}}(X_1)_3$ с $(3, n)$-полюсником $^3(X_2)_{\mathbf{n}}$ необходимы следующие соединители:

$$^3\begin{pmatrix} 123 \\ 132 \end{pmatrix}_3, \quad ^3\begin{pmatrix} 123 \\ 213 \end{pmatrix}_3, \quad ^3\begin{pmatrix} 123 \\ 231 \end{pmatrix}_3, \quad ^3\begin{pmatrix} 123 \\ 312 \end{pmatrix}_3, \quad ^3\begin{pmatrix} 123 \\ 321 \end{pmatrix}_3.$$

Используя, например, третий из этих символов, получаем символ $^{\mathbf{m}}(X_1) \underset{3}{\bullet} \begin{pmatrix} 123 \\ 231 \end{pmatrix} \underset{3}{\bullet} (X_2)_{\mathbf{n}}$ К-соединения $(m, 3)$-полюсника $^{\mathbf{m}}(X_1)_3$ с $(3, n)$-полюсником $^3(X_2)_{\mathbf{n}}$, при котором выходные полюсы 1, 2, 3 первого МП соединены соответственно с полюсами 2, 3, 1 второго МП.

§ 4. Цепи, построенные посредством лишь П- и К-соединений МП, будем называть ПК-**цепями.**

Введенные выше символы позволяют любую ПК-цепь представить однозначно некоторым символическим выражением, записанным в строку. Наоборот, каждое выражение, члены которого являются символами МП и связаны друг с другом лишь знаками П- и К-соединений, однозначно символически представляет некоторую ПК-цепь. Переход от символов к схематичным изображениям ПК-цепей облегчается тем, что при $m \leqslant 2$ и $n \leqslant 2$ символы МП-цепей являются лишь некоторой стилизацией их изображений.

Подобно тому как алгебраическое выражение $(a \cdot b)+c$ обычно записывают посредством выражения $a \cdot b+c$, не содержащего скобок, мы будем выражение вида $^{\mathbf{m}}((A)_{\mathbf{n}_1} \bullet (B))_{\mathbf{n}} + {}^{\mathbf{m}}(C)_n$ записывать посредством выражения вида $^{\mathbf{m}}(A) \bullet (B)_{\mathbf{n}} + (C)$. Схематичные изображения ПК-цепей $^{\mathbf{m}}(A) \underset{\mathbf{n}_1}{\bullet} (B)_{\mathbf{n}} + {}^{\mathbf{m}}(C)_n$ и $\overset{\mathbf{n}_1}{\mathbf{m}}((A) + (B)) \underset{\mathbf{n}_1}{\bullet} C$ приведены на рис. 4, *а* и 4, *б*. Только что принятое нами условие записи символов К-соединений мы будем применять и в случае П-соединений любого числа К-соединений.

Например, ПК-цепь, схематично изображенную на рис. 4, *в*, можно обозначить символом

$$^{m}(A)\underset{n_1}{\bullet}(B)_n + {}^{m}(C)\underset{n_2}{\bullet}(D)_n.$$

При $m \leqslant 2$ или $n \leqslant 2$ можно, используя правила 1, 2, еще более упростить символы ПК-цепей. Наиболее простыми являются символы

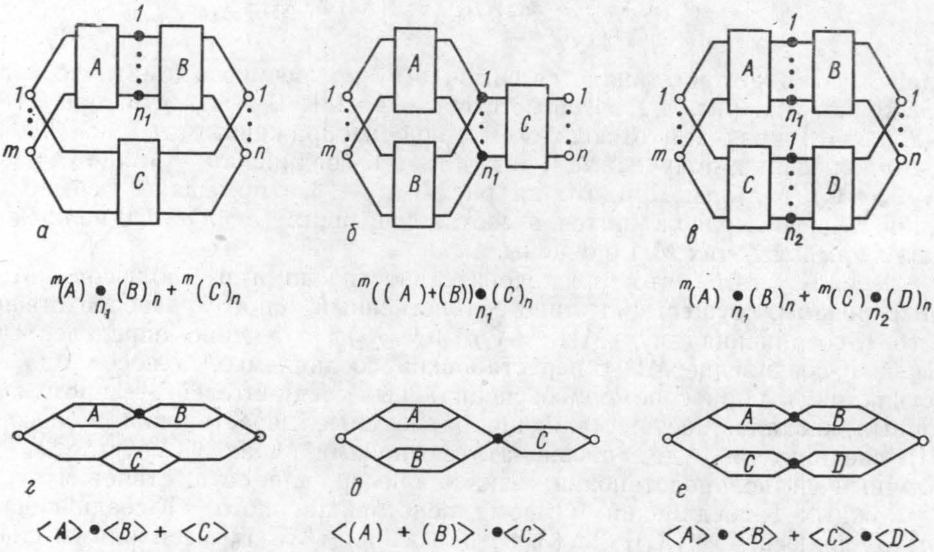

Рис. 4. Схематичные изображения и символы некоторых ПК-соединений многополюсников и двухполюсников

ПК-цепей, построенных из 1—*P*-цепей. Например, символы приведенных выше ПК-цепей имеют соответственно следующий вид:

$$\langle A\rangle \bullet \langle B\rangle + \langle C\rangle,\ \langle (A) + (B)\rangle \bullet \langle C\rangle \text{ и } \langle A\rangle \bullet \langle B\rangle + \langle C\rangle \bullet \langle D\rangle$$

для 1—*P*-цепей $<A>$, $<B>$, $<C>$, $<D>$. Эти ПК-соединения, схематично изображенные на рис. 4, *г*, 4, *д* и 4, *е*, — частные случаи (m, n)-полюсных ПК-цепей:

$$^{m}(A)\underset{n_1}{\bullet}(B)_n + {}^{m}(C)_n,\ {}^{m}((A) + (B))\underset{n_1}{\bullet}(C)_n \text{ и } {}^{m}(A)\underset{n_1}{\bullet}(B)_n + {}^{m}(C)\underset{n_2}{\bullet}(D)_n,$$

схематично изображенных соответственно на рис. 4, *а*, 4, *б* и 4, *в*.

Полагая в символах этих ПК-цепей $m = n_1 = n_2 = n = 2$, получим символы $[A] \bullet [B] + [C]$, $[(A) + (B)] \bullet [C]$ и $[A] \bullet [B] + [C] \bullet [D]$ соответствующих 2—*P*-цепей, построенных из 2—*P*-цепей: $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$. Начертить схематичные изображения всех трех 2—*P*-цепей по вышеприведенным их символам представляем читателю.

§ 5. Введенные выше символы позволяют представить символически весьма сложные ПК-цепи, и в частности такие, в которых П- и К-соединения чередуются, как показано на рис. 5. Такого вида ПК-цепи будем называть **лестничными** (m, n)-цепями. Они могут быть четырех типов.

Лестничные (m, n)-цепи I, II, III и IV типа характеризуются соответственно парами $(+, +)$, $(+, \bullet)$, $(\bullet, +)$, $(\bullet, \bullet)$ знаков $+$ и $\bullet$ тех соединений, которыми начинаются и оканчиваются цепи данного типа.

Четырехкаскадные лестничные (m, n)-цепи I, II, III и IV типа описываются соответственно следующими символами:

$$ {}^{m}((A_1) + (B_1) \underset{n_1}{\bullet} ((A_2) + (B_2) \underset{n_2}{\bullet} ((A_3) + (B_3) \underset{n_3}{\bullet} ((A_4) + (B_4)))))_{n}, \qquad \text{(I)} $$

$$ {}^{m}((A_1) + (B_1) \underset{n_1}{\bullet} ((A_2) + (B_2) \underset{n_2}{\bullet} ((A_3) + (B_3) \underset{n_3}{\bullet} (A_4))))_{n}, \qquad \text{(II)} $$

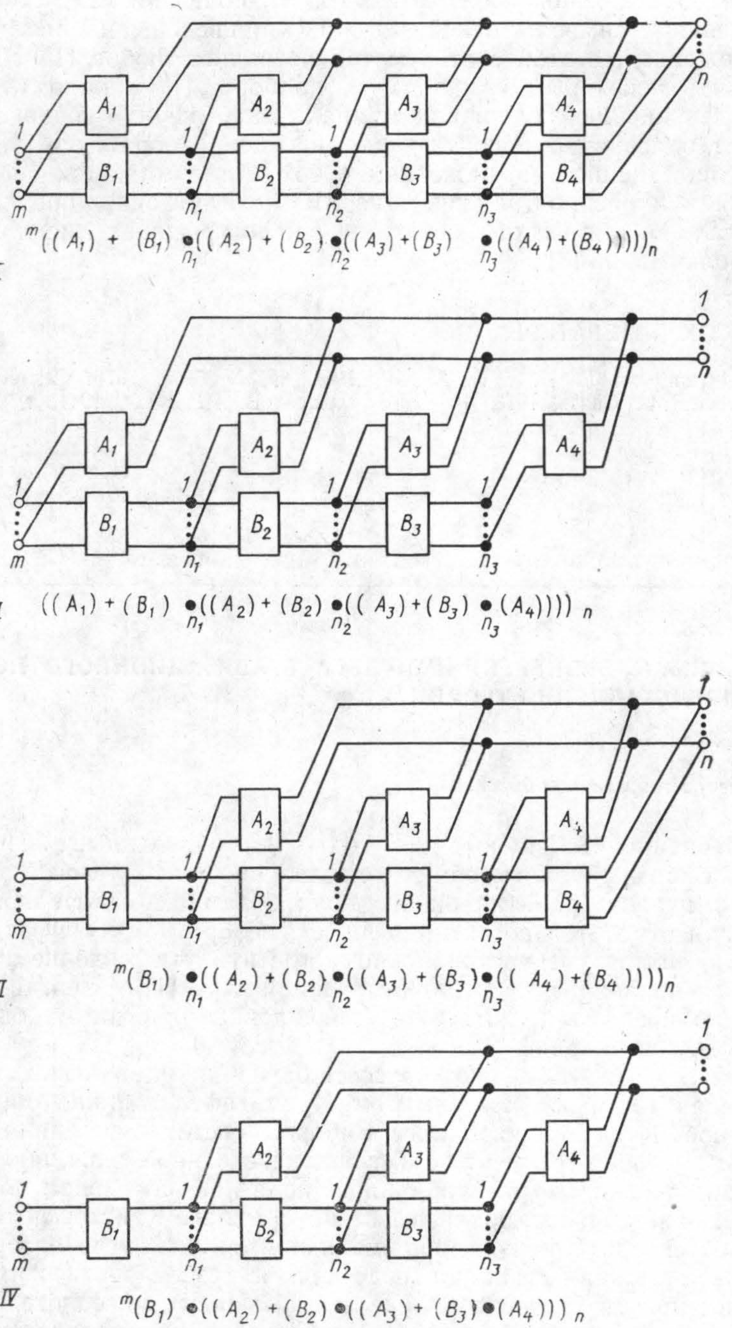

Рис. 5. Лестничные соединения многополюсных цепей

$$^{\mathbf{m}}(B_1) \underset{\mathbf{n}_1}{\bullet} ((A_2) + (B_2) \underset{\mathbf{n}_2}{\bullet} ((A_3) + (B_3) \underset{\mathbf{n}_3}{\bullet} ((A_4) + (B_4))))_n, \tag{III}$$

$$^{\mathbf{m}}(B_1) \underset{\mathbf{n}_1}{\bullet} ((A_2) + (B_2) \underset{\mathbf{n}_2}{\bullet} ((A_3) + (B_3) \underset{\mathbf{n}_3}{\bullet} (A_4)))_n. \tag{IV}$$

Цепь I можно считать основной, ибо цепи II и III получаются из нее при отключении $^{\mathbf{m}}(B_4)_{\mathbf{n}}$ и соответственно $^{\mathbf{m}}(A_1)_{\mathbf{n}}$, а цепь IV — посредством отключения обоих этих (m, n)-полюсников. Схематичные изображения и символы цепей (I)—(IV) приведены на рис. 5.

Изложенный в этой статье метод позволяет любое ПК-соединение представить некоторым символом и, наоборот, по каждому символическому выражению, содержащему знаки лишь П- и К-соединений МП, позволяет однозначно начертить схематичное изображение МП-цепи, обозначенной данным выражением. Этот метод является некоторым обобщением и распространением на МП-цепи метода, предложенного первоначально для двухполюсных цепей, построенных исключительно из двухполюсников [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Поваров Г. Н. ДАН СССР, 1954, 94, № 6, с. 1075. [2] Карни Ш. Теория цепей. М.: Связь, 1973. [3] Шестаков В. И. ЖТФ, 1941, т. XI, вып. 6, с. 532.

Поступила в редакцию
13.03.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, Т. 23, № 1

УДК 530.12 : 531.51

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ-ИМПУЛЬСА ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ОТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕОРИИ

Г. С. Асанов

(кафедра теоретической физики)

1. Введение. За прошедшие годы многочисленные безуспешные попытки сформулировать общее определение ненулевой локальной энергии-импульса гравитационного поля в рамках эйнштейновской общей теории относительности привели к своеобразному «эффекту накопления»: в литературе часто можно встретить утверждение о принципиальной «нелокализуемости» (см., например, [1]) энергии-импульса гравитационного поля, хотя это утверждение никогда не было строгим выводом из теории.

Обычно его высказывают со ссылкой на принцип эквивалентности, подчеркивая тот факт, что символы Кристоффеля можно обратить в нуль в любой точке подходящим выбором системы координат. В действительности этот аргумент не имеет доказательной силы, ибо истинной мерой напряженности гравитационного поля при римановом подходе является риманов тензор кривизны, а не символы Кристоффеля (на такую роль тензора кривизны обращали внимание многие авторы, обычно при рассмотрении девиаций геодезических; см., в частности, [2]). Вынужденное при этом использование так называемых псевдотензоров для расчета «нелокализуемой» энергии-импульса явно противоречит (см. подробнее [3—5]) принципу ковариантности, на котором основывается