ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XVIII, № 4, 1965 Серия технических наук

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. Д. АКОПДЖАНЯН

О ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

При исследованиях режимов работы сложных электрических цепей (энергосистем и т. д.) чаще интересуются режимами в их отдельных ветвях. В таких случаях выделяются ветви, режимами которых интересуются, а остальная часть цепи рассматривается как многополюсник с числом пар полюсов равном количеству, выделенных для исследования ветвей. Определив расчетным или опытным путем параметры (Y или Z) полученного таким образом $2n$-полюсника, последний можно представить в виде соответствующих ему схем замещений.

На рис. 1 в качестве примера приведены схемы замещения пассивного десятиполюсника ($n=5$), причем, схема (а) соответствует

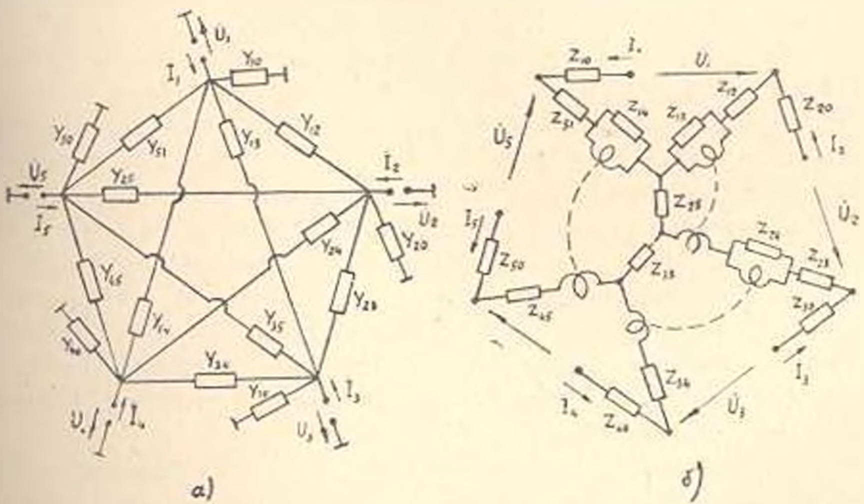

Рис. 1.

Y-форме записи уравнений $2n$-полюсника, а схема (б) Z-форме. Отметим, что схемы замещения 2n-полюсников, соответствующие Z-форме записи их уравнений, при $n>3$, содержат идеальные трансформаторы с коэффициентом трансформации равном единице. Таким образом, пользуясь теорией многополюсников, во многих случаях сложную исследуемую схему можно упростить, представив ее одной из разновидностей схем замещений многополюсника. Однако, для некоторых исследований и эти схемы могут оказаться неудобными. В таких случаях потребуются дальнейшие преобразования указанных схем с целью приведения к более удобному для исследования виду. Заметим, что схемы замещения $2n$-полюсников, соответствующие Y-форме записи их уравнений, представляют собой схемы полных n-угольников (многоугольник с диагоналями). Что же касается схем замещений, соответствующих Z-форме записи уравнений, то они являются схемами дуальными полным n-угольникам (назовем их n-контурными схемами, как схемы содержащие n независимых контуров в виде ячеек). Из сказанного следует, что задачи преобразования схем замещений $2n$-полюсников могут быть сведены к задачам преобразования схем полных n-угольников.

В [1] рассмотрено преобразование схемы полного четырехугольника ($n=4$) и указано о возможностях преобразования полных многоугольникой при $n>4$.

В данной статье рассматриваются преобразования схемы полного пятиугольника (рис. 2а) и пятиконтурной схемы (рис. 2б) и приводятся расчетные формулы, служащие для определения параметров эквивалентных схем по параметрам преобразуемых схем. Указанные преобразования исследуются как для общего случая, не вводя никаких ограничительных условий между параметрами преобразуемых схем, так и при возможных частных случаях, когда параметры преобразуемых схем связаны меж собой некоторыми зависимостями.

Известно, что схема, имеющая вид n-лучевой звезды ($n=5$, рис. 2в), всегда может быть преобразована в эквивалентную схему в виде полного n-угольника и, что обратное преобразование полного n-угольника в n-лучевую звезду возможно только при выполнении между параметрами преобразуемого полного n-угольника некоторых специальных условий [1, 2]. Однако и при несоблюдении этих условий полный n-угольник может быть преобразован в другие эквивалентные схемы. Отметим, что сказанное в полной мере относится также к преобразованию n-угольника без диагоналей ($n=5$, рис. 2г) в n-контурную схему ($n=5$, рис. 2б) и обратному их преобразованию, так как n-угольник без диагоналей является схемой дуальной n-лучевой звезде.

Число независимых условий, которым должны удовлетворять параметры полного пятиугольника, при котором возможно его преобразование в пятилучевую звезду, равно пяти [2]. Они могут быть записаны в следующем виде:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Y_{12}Y_{35} - Y_{13}Y_{25} = 0; \\ Q_2 &= Y_{23}Y_{41} - Y_{24}Y_{31} = 0; \\ Q_3 &= Y_{34}Y_{52} - Y_{35}Y_{42} = 0; \\ Q_4 &= Y_{45}Y_{13} - Y_{41}Y_{53} = 0; \\ Q_5 &= Y_{51}Y_{24} - Z_{52}Y_{14} = 0. \end{aligned} \qquad (1)$$

Заменив в этих равенствах проводимости Y на сопротивления Z, получим условия, при которых возможно преобразование пятиконтурной схемы (рис. 2б) в пятиугольник без диагоналей (рис. 2г).

Учитывая идентичность преобразований полного пятиугольника и пятиконтурной схемы, формулы, приводимые ниже, будут соответствовать преобразованию первого из них. Соответствующие выражения, относящиеся к преобразованию пятиконтурной схемы, могут быть получены из приведенных, заменой в них проводимостей Y на сопротивления Z.

Рассмотрим преобразование полного пятиугольника и пятиконтурной схемы в общем случае, когда параметры преобразуемых схем таковы, что ни одно из равенств условий (1) не удовлетворяется (т. е.

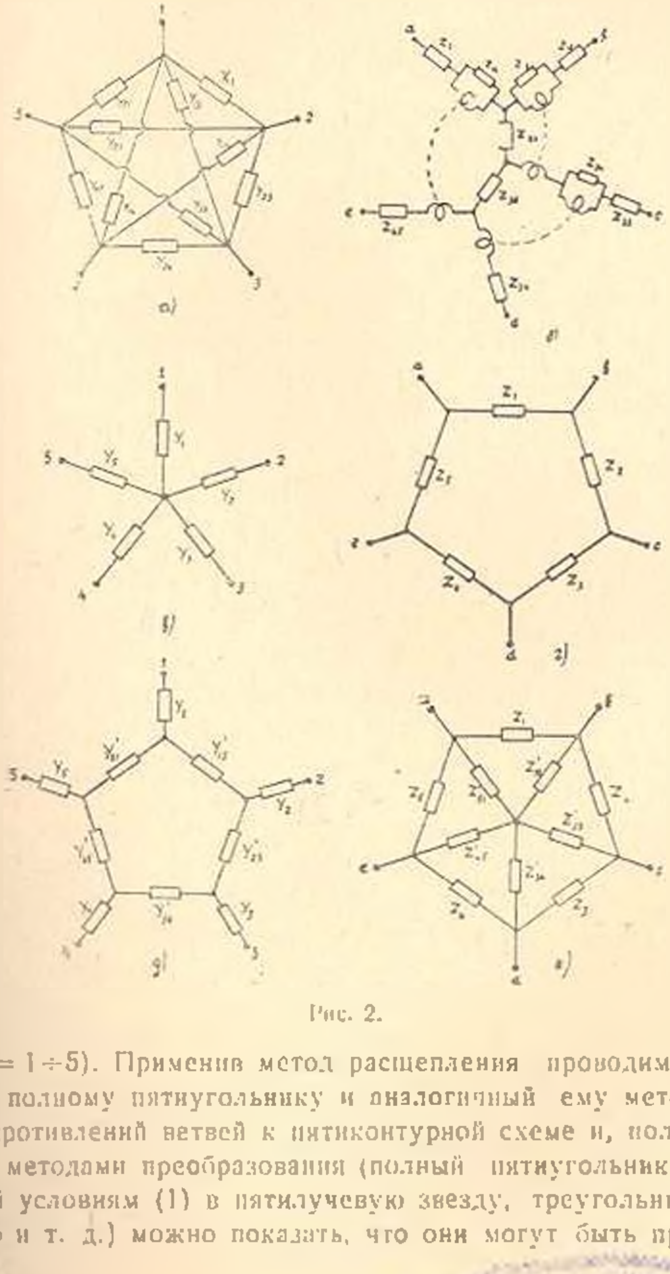

Рис. 2.

$Q_i \neq 0$, $i = 1 \div 5$). Применив метод расщепления проводимостей ветвей [2] к полному пятиугольнику и аналогичный ему метод расчленения сопротивлений ветвей к пятиконтурной схеме и, пользуясь, известными методами преобразования (полный пятиугольник, удовлетворяющий условиям (1) в пятилучевую звезду, треугольник в звезду и обратно и т. д.) можно показать, что они могут быть преобразованы в эквивалентные схемы, приведенные соответственно на рис. 2д и е. При этом параметры эквивалентных схем по параметрам преобразуемых схем могут быть определены по следующим формулам:

$$Y_k = \sum_{i=1}^{4} Y_{kk+i} + Y'_k \quad (k = 1 \div 5), \tag{2}$$

где

$$Y'_k = \frac{Y_{k+1k+3}\,Y_{kk+4}}{Y_{k+1k+4}} + \frac{Q_k\,Q_{k+4}}{Y_{k+1k+4}\,Q_{k+2}} \quad (k = 1 \div 5). \tag{3}$$

Здесь величины Q_k, Q_{k+2} и Q_{k-4} определяются из равенств условий (1), но как было отмечено выше, в рассматриваемом случае они не равны нулю. Остальные 5 параметров эквивалентных схем определяются из следующих соотношений:

$$Y'_{kk+1} = \frac{Y_k\,Y_{k+1}}{\frac{Y_{k+1k+3}}{Y_{kk+3}}\,Y'_k + \frac{Q_{k-1}}{Q_{k+1}}\left(\frac{Y_{k+3}\,Y_{k+4}}{Y_{kk+4}}\,Y'_k - Y_{kk+4}\right) - Y_{kk+1}} \quad (k = 1 \div 5). \tag{4}$$

Или, если определены параметры Y_k для $k = 1 \div 5$ по формулам (2) и (3) и один из параметров Y'_{kk+1} для любого одного значения k по формуле (4), то остальные параметры вида Y'_{kk+1} могут быть определены по более простым зависимостям, связывающим параметры преобразуемых схем с параметрами эквивалентных им схем. Эти зависимости имеют следующий вид:

$$\frac{Y'_{kk+1}}{Y'_{k+1k+2}} = \frac{Q_{k+2}}{Q_{k-4}} \cdot \frac{Y_k}{Y_{k+2}} \quad (k = 1 \div 5). \tag{5}$$

Отметим здесь, что численные значения отдельных индексов при всех Y и Q не должны превышать число пять и, если при подстановке значений k в формулы (2÷5) значения индексов получаются больше пяти, то от их значений следует вычесть 5 и в качестве индекса записать полученную таким образом разность (например, вместо Y_{17} надо брать $Y_{17-5} = Y_{12}$).

Рассматривая преобразования полного пятиугольника и пятиконтурной схемы в частных случаях, когда значения параметров последних таковы, что удовлетворяется часть равенств условий (1), можно заметить, что как эквивалентные им схемы, так и формулы преобразования значительно упрощаются. На рис. 3 изображенном в виде таблицы приведены схемы эквивалентные полному пятиугольнику (столбец Y) и пятиконтурной схеме (столбец Z) для семи частных случаев, когда удовлетворяются одно, часть или все пять равенств условий (1). А в табл. 1 даны формулы преобразования, соответствующие частным случаям рассмотренным на рис. 3.

Отметим, что остальные, нерассмотренные здесь частные случаи преобразований (когда удовлетворяются другие равенства из условий (1)) легко приводятся к случаям рассмотренным в табл. 1 и на рис. 3.

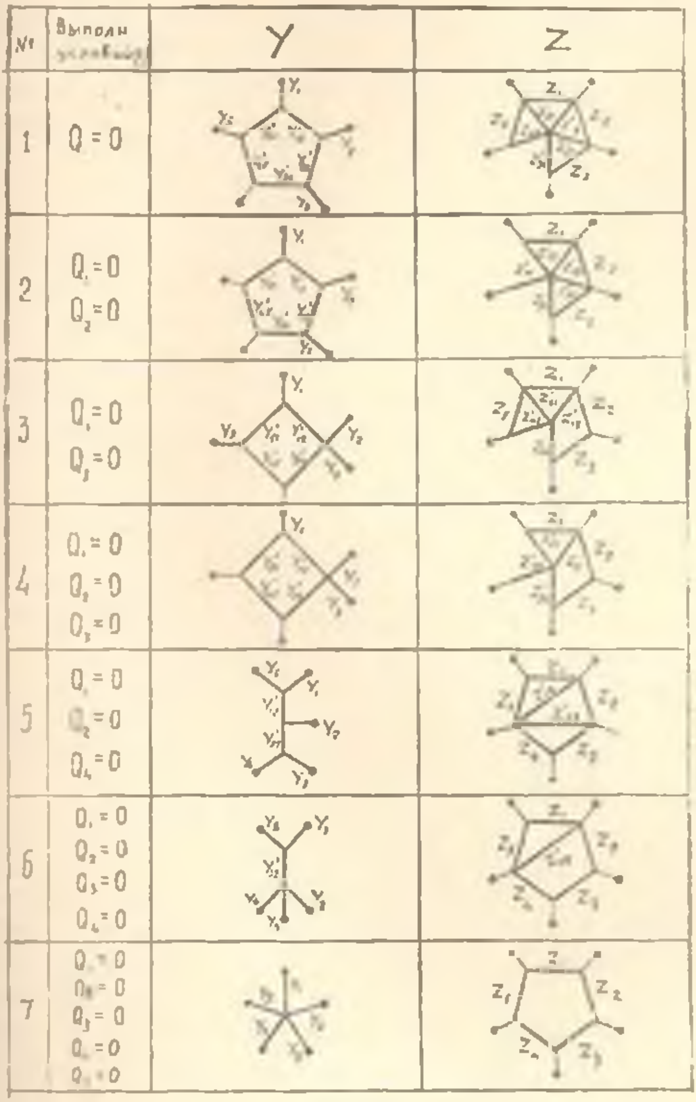

Рис. 3.

Таким образом, рассмотренные преобразования полного пятиугольника и пятиконтурной схемы приводят к переходу соответственно от непланарной схемы к эквивалентной ей планарной и от схемы, содержащей идеальные трансформаторы, к эквивалентной схеме без трансформаторов.

В заключение отметим, что рассмотренные выше преобразования могут быть полезными в практических расчетах и исследованиях сложных электрических цепей.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 29.III 1965

Таблица 1

№	Условия	Y_2'	Y_3'	Y_4'	Y_5'	[illegible]	Y_{12}'	Y_{13}'	Y_{14}'	Y_{15}'	[illegible]	Примечание
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	(3)	∞	(3)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	—»—	—»—	[illegible]	—»—	∞	—»—	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]	—»—	—»—	—»—	—»—	(3)	—»—	∞	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	[illegible]	—»—	—»—	—»—	—»—	∞	—»—	—»—	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
5	[illegible]	—»—	—»—	—»—	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	∞	0	∞	
6	[illegible]	—»—	—»—	—»—	—»—	—»—	—»—	∞	∞	0	∞	
7	[illegible]	—»—	—»—	—»—	—»—	—»—	∞	—»—	—»—	∞	—»—	

Գ. Դ. ՀԱԿՈԲՋԱՆՅԱՆ

ԳԾԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՁԵՎԱՓՈԽՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հայտնի է, որ բազմաբևեռների տեսությունից օգտվելով, շատ հաճախ, հետազոտվող բարդ էլեկտրական շղթան կարելի է պարզեցնել, պատկերելով այն բազմաբևեռների փոխարինման սխեմաների տարատեսակներից որևիցե մեկով։ Սակայն որոշ հետազոտությունների համար այդ սխեմաները ևս կարող են ստացվել անհարմար։ Այդպիսի դեպքերում անհրաժեշտ է լինում նորից ձևափոխել նրանց, հետազոտման համար հարմար տեսքի բերելու նպատակով։

Քանի որ բազմաբևեռների փոխարինման սխեմաները իրենցից ներկայացնում են լրիվ բազմանկյունաձև (բազմանկյան բոլոր անկյունագծերով) կամ բազմաճառագայթային սխեմաներ, ապա նրանց ձևափոխությունը ինչպես հայտնի է, կապված է որոշ դժվարությունների հետ [2]։

Հոդվածում հետազոտված է լրիվ հնգանկյունաձև սխեմայի (նկ. 2ա) և հնգճառագայթային սխեմայի (նկ. 2բ) ձևափոխությունը ինչպես ընդհանուր դեպքում (համարժեք սխեմաները բերված են համապատասխանաբար նկ. 2գ և 2դ վրա), երբ ձևափոխվող սխեմայի պարամետրերի միջև սահմանափակող պայմաններ գոյություն չունեն, և մասնավոր դեպքերում (նկ. 3), երբ այդպիսի պայմաններ կան (տես 1 հավասարումները)։

Ձևափոխման բոլոր դեպքերի համար էլ դուրս են բերված բանաձևեր, որոնց միջոցով որոշվում են համարժեք սխեմաների պարամետրերը ձևափոխվող սխեմաների պարամետրերի միջոցով։

Հետազոտված ձևափոխությունները նպատակահարմար կարող են լինել բարդ էլեկտրական շղթաներ հաշվելիս։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горев А. А., Костенко М. В.* Приведение сложных сетей к простейшим электрическим схемам. Журн. „Электричество“ № 3, 1948.
2. *Максимович Н. Г.* Линейные электрические схемы и их преобразования ГЭИ, 1961.