

УДК 621.372.011.7

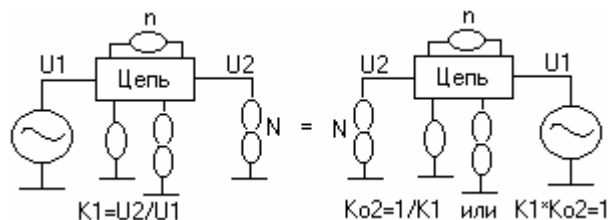
С.В.Кононов (3 курс, каф.ИСУ), А.В.Белов, к.т.н., доц.

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЦЕПИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ С ПОМОЩЬЮ ИДЕАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ – НУЛЛОРОВ

Анализ цепей с идеальными усилительными элементами - операционными усилителями и транзисторами существенно упрощается с применением аномального четырехполюсника – нуллора.

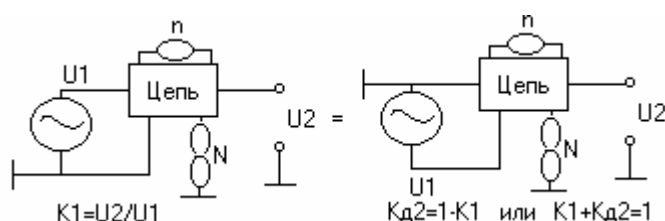
Нуллок, состоящий из нуллатора (n) и норатора (N), замещающий идеальный ОУ и транзистор, позволяет эффективно проводить три известные топологические преобразования (без использования дополнительных элементов) передаточной функции цепи по напряжению: обратное (О), дополнительное (Д) и комплементарное (К).

О-преобразование было предложено в 1977 году Ратхором [1], но без привлечения нуллоров:



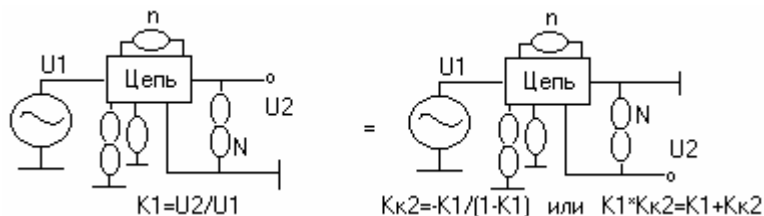
Преобразование с привлечением нуллоров [2] осуществляется путём замещения выходного норатора (N) источником входного напряжения U1, а источника входного напряжения нуллатором, являющимся теперь выходом цепи.

Д-преобразование предложил в 1973 году Гильберман [3]:



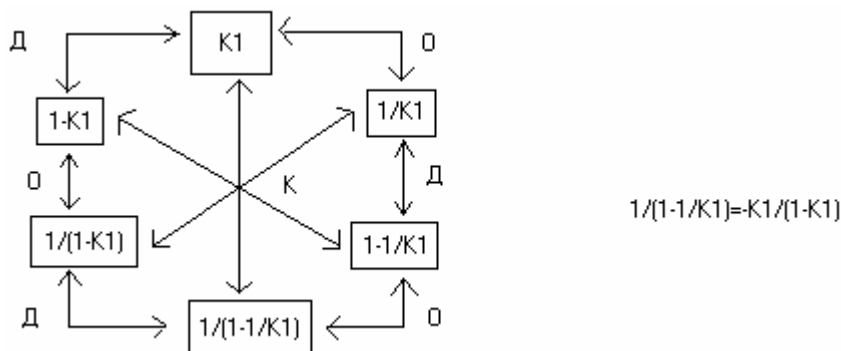
Оно осуществляется путём переноса общего провода (земли сигнала) по источнику входного напряжения.

К преобразование было предложено в 1973 году Флиге [4]:



Оно осуществляется путём переноса общего провода (земли сигнала) по выходному норатору. С помощью описанных топологических преобразований могут быть получены кольца последовательностей преобразований.

Ратхор [5] предложил только одностороннее полукольцо К-преобразования, выполняемое через О и Д-преобразования. В [2] показано, что любое одно из трех О, Д и К-преобразований может быть выполнено через два оставшихся путем последовательных переходов, причём переходы могут совершаться по любой диагонали и в любую сторону. Так, например К-преобразование тождественно последовательно трем ОДО или ДОД преобразованиям. Д-преобразование = КОК = ОКО, а О-преобразование = КДК = ДКД:



Следует отметить, что нулоры, к сожалению, мало используются в России, вероятно, из-за того, что на них практически нет ссылок в отечественной литературе, в то время как в зарубежной литературе имеется большое количество публикаций на эту тему [6-8].

Перечислим преимущества подхода к анализу активных линейных цепей с помощью нулоров.

Акцентируют внимание на существенном (сути явления), удаляя второстепенные факторы (неидеальности активных элементов). Нулоры позволяют сделать акцент на топологии пассивной цепи, считая ее основой устройства, а не на активных элементах, как было раньше, когда активные элементы по стоимости значительно превышали пассивные и считались как бы основой схемы, на которую "наназывались" пассивные компоненты.

Только применение нулоров позволяет эффективно применять известные методы топологических Д, О, К-преобразований. При этом значительно упрощается матричный метод анализа активных цепей с использованием нулоров, появляется возможность проведения эквивалентных преобразований схем с переходом от инвертирующих ОУ к дифференциальным при сокращении числа ОУ на единицу.

Данный метод показывает огромную важность заземления (общего провода цепи), поскольку ему обычно не уделяется должного внимания и акцента при анализе схем, а также представляет хорошее методическое объяснение принципов построения идеальных ИНУН, ИНУТ, ИТУТ, ИТУН.

Кроме того, этот метод обеспечивает возможность легко и просто генерировать большое количество новых схем, логическое (эвристическое) создание которых практически невозможно, даже для квалифицированного разработчика. При этом обеспечивается значительное улучшение частотных свойств схем на реальных ОУ за счет проведения топологических нулорных эквивалентных преобразований.

Следует отметить большие методические достоинства нулорного подхода при обучении электронике различных контингентов учащихся, от школьников до аспирантов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Rathore T. Inverse active networks, Electronics Letters, v.13, (1977), N 10, p.303.
2. Белов А.В. Анализ и реализация методами микроэлектроники активных RC-фильтров с управляемыми параметрами. Дис. на соиск. учён. степени канд. техн. наук. Л., ЛЭТИ, 1976, 147с.
3. Hilberman D. Input and ground as complements in active filters, IEEE Trans. CT-20 (1973), N2, p.540.
4. Fliege N. Complementary transformation of feedback systems, IEEE Trans. CT-20 (1973), p.137.
5. Ратхор Т.С. Теорема об инверсной дополняющей цепи, ТИИЭР, 1978, N 9, с. 109.

6. Кисель В.А. «Аналоговые и цифровые корректоры».- Москва, «Радио и связь», 1986.
- 7.«Синтез активных RC-цепей» Современное состояние и проблемы.- Москва, «Связь», 1975.
8. Kumar P. and Senani R., 'Bibliography on nullors and their applications n circuit analysis, synthesis and design', Analog Integrated Circuits and Signal Processing (USA), vol. 33, N1, pp. 65-76, October 2002.