

Отзыв на диссертацию Усенко Евгения Анатольевича «Разработка аналоговой электроники считывания многоканальных физических детекторов».

Диссертация, согласно названию, посвящена разработке аналоговой электроники считывания для физических детекторов. Фактически, в диссертации речь идет о малошумящих широкополосных усилителях, о предлагаемой автором модификации преобразователя заряда в длительность для метода TOT (Time Over Threshold) и об участии автора в моделировании работы аналоговой электроники детектора ALICE TOF.

Широкополосные усилители и применение метода TOT является очень актуальными темами на протяжении долгого времени, суммарное количество публикаций, вероятно, исчисляется уже многими тысячами. Однако автор на 150 страниц работы приводит только 14 ссылок на работы, не связанные с автором диссертации. Поэтому выяснить, что является общеизвестным фактом, а что было предложено автором, опираясь только на текст диссертации, практически невозможно.

Кроме этого, большое количество параметров и результатов измерений, характеристик того или иного узла, вводится автором без ссылок на литературу, где были опубликованы результаты и без приведения методики и результатов измерений, в случае значений, полученных самим автором. В работе очень много места посвящено шумам, однако не приведено ни одного измеренного спектра плотности шумов, как и ни одной фазо - частотной и амплитудно - частотной характеристики рассматриваемых усилителей.

Без этих характеристик невозможно провести сравнение результатов автора с другими схемотехническими решениями, и, соответственно, сделать выводы о новизне и применимости представляемых результатов.

Кроме того, автор допускает ряд ошибок в анализе схемных решений:

Так, в Главе 1 автор приводит схему на Рис.2., описывая микросхему MAX3760 как усилитель с коэффициентом усиления «около 30» и входным сопротивлением 50 Ом. В действительности же, о чем написано на первой странице документации на эту микросхему, микросхема MAX3760 является трансимпедансным усилителем, т.е. схемой с минимальным входным сопротивлением, преобразующим ток в напряжение. Использование трансимпедансной схемы для съема сигналов с детекторов, являющихся источниками тока, является общепринятой практикой и описано во многих пособиях по электронике. Параметры усиления и входного сопротивления могут быть взяты из документации на сайте производителя, и они отличаются на два порядка от приведенных автором. Усиление по напряжению составляет 76 Дб (более 6000), а входное сопротивление можно вычислить делением трансимпедансного коэффициента 6500 Ом на коэффициент усиления (с поправкой на коэффициент усиления выходного каскада, равный 2), что дает около 2 Ом. Соответственно, дальнейшие рассуждения автора с использованием приведенных им параметров являются ошибочными.

В главе 2, стр. 32 автор ошибочно использует понятие Gain Bandwidth (частота единичного усиления), получая огромные значения. Этот параметр (произведение значения усиления и частоты, на которой это усиление получено, при разомкнутой обратной связи) применяется только

для описания усилителей с обратной связью, с линейной фазо- и амплитудно-частотной характеристиками и устойчивыми при коэффициенте усиления, равном 1. В этом случае параметр GBW позволяет однозначно выбрать предельно допустимое значение коэффициента усиления для заданного частотного диапазона. Во всех остальных случаях применяется параметр «Полоса усиления» (Bandwidth), характеризующий частоту снижения усиления на 3 Дб по сравнению с плоской частью амплитудно-частотной характеристики. Описываемая автором схема не является усилителем с обратной связью, частотные характеристики ее неизвестны, поэтому параметр GBW не применим в этом случае, что и показывают значения, вычисленные автором, равные 6 и 11 ГГц, и лежащие за пределами здравого смысла.

В гл.4, на рис. 75 автор приводит блок схему преобразователя Вилкинсона. Отличительной особенностью этого преобразователя является аналоговый ключ и источник тока для разряда измерительной емкости. Далее на рис. 76 автор приводит схему модуля TICC (GSI, г. Дармштадт), и указывает, что она основана на принципе Вилкинсона. Однако в этой схеме отсутствует как аналоговый ключ, так и источник тока. Схема является аналоговым преобразователем заряда в ширину импульса с использованием интегратора на ОУ, о чем прямо написано в статье по приведенной автором диссертации ссылке [19], и никакого отношения к схеме Вилкинсона эта схема не имеет.

Тем не менее, в тексте работы автор рассуждает о схеме TICC как о преобразователе Вилкинсона, чем она не является, соответственно, эта часть работы является ошибочной.

Схема TICC, которую критикует автор, заведомо проектировалась для измерения импульсов с очень малой амплитудой, поскольку использует на входе усилитель BGM1013 с коэффициентом усиления более 30 Дб (усиление по напряжению более 30). Автор пишет о насыщении схемы при напряжениях выше 2 Вольт, но она и не проектировалась для измерения столь больших амплитуд, линейный диапазон входного усилителя схемы TICC не превышает 100 мВ. Тем не менее, автор использует сравнение с предлагаемым им решением, вообще не имеющим входного усилителя для демонстрации превосходства последнего. Это равносильно сравнению малолитражного автомобиля с грузовиком по грузоподъемности и автор или не понимает принцип работы разбираемой им схемы или сознательно подтасовывает сравнение в свою пользу.

Существенная часть главы 4 посвящена обсуждению т.н. «синусного формирователя» для преобразования заряда в длительность, представляющего собой инвертирующий усилитель на ОУ с дополнительным конденсатором, включенным между отрицательным входом и землей. Отрицательное влияние такой емкости на параметры схем с ОУ описано в учебниках по электронике, кроме того, эта емкость влияет только на поведение неидеальной схемы. Т.е. предлагаемое автором схемное решение работает только в силу технологических ограничений операционного усилителя по таким параметрам, как амплитуда выходного сигнала и скорость нарастания. Использование такого подхода к проектированию электронных схем обычно считается недопустимым и непрофессиональным, поскольку делает параметры проектируемой системы зависимыми от ненормированных свойств электронных компонентов и, соответственно, невоспроизводимыми.

В тексте, относящемся к Рис.79, автор называет синусоидальным генератором схему, в действительности являющуюся усилителем с токовой обратной связью, потерявшим устойчивость в результате превышения предельно допустимой емкости между входом и землей. «Генератором» в электронике принято называть схему, специально спроектированную для

генерации сигналов с определенной формой, параметрами и предсказуемой повторяемостью, чем схема на Рис. 79 не является.

Автор должен представить очень серьезные доказательства преимущества его схемы, использующей побочные эффекты и ограничения ИС для достижения результата, по сравнению с множеством известных схем, работоспособность и характеристики которых опираются только на нормируемые параметры электронных компонентов. Схема, предлагаемая автором, имеет существенно более высокую амплитуду шума на выходе преобразователя заряд-время по сравнению с решениями, использующими интеграторы на ОУ, например [19]. Однако никаких прямых сравнений функционирования предлагаемого автором решения с другими не представлено, несмотря на то, что речь идет об узлах, состоящих всего из нескольких элементов, и провести прямые сравнения в одних и тех же условиях не составляет большого труда.

Основная идея главы 4 – использование т.н. «синусного преобразователя» не была опубликована в рецензируемой литературе. В статье [14], где автор описывает схему из гл. 4 диссертации, этот узел назван «медленным дискриминатором», далее цитата из [14]:

«Особенностью медленного канала дискриминатора является применение специального аналогового каскада, формирующего выходной импульс постоянной формы, амплитуда которого пропорциональна заряду, интегрированному за время ~ 30 нс.»

Применение схем, подходящих под это описание, является общепринятым для методик TOT, использующих измерение заряда. В статье не содержится никаких указаний на то, что применялся ранее не описанный в литературе «синусный преобразователь», понять это из Рис. 5 [14], не ознакомившись предварительно с данной диссертацией, также практически невозможно.

Кроме того, в тексте встречаются следующие утверждения:

«автором была **спроектирована и изготовлена** времяпролетная система считывания эксперимента ALICE на 160 тыс. каналов с временным разрешением 95 пс»

«С использованием NINO-чипа автором была **построена** времяпролетная система считывания эксперимента ALICE с числом каналов 160 тыс. шт.»

Утверждения тут же опровергаются самим автором:

«Личный вклад автора состоял в коллегиальном участии в методических работах по исследованиям камер».

Учитывая приведенные ошибки и недостатки, считаю работу Усенко Е.А. не соответствующей требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации.

30.04.2019 г.

Серебряков Дмитрий Владимирович

Зав. сектором ОИВСИА ИЯИ РАН, к.ф.-м.н

Адрес: г. Москва, 117312, ул. 60-летия Октября, Институт Ядерных Исследований РАН

Тел. (495)8510195, email: serebr@inr.ru