

МОДЕРНИЗАЦИЯ ШТАТНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ L2-ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

М. А. Елисеев^{1,2}, В.И. Былкин³, А.Л. Филатов¹

¹ ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН ² МИЭТ ³ АО НПП «Исток» им. Шокина

В работе рассматривается модернизация штатного усилителя мощности передатчика L2-диапазона частот УМ L2 бортовой системы ГЛОНАСС, выполненная с целью повышения его КПД для экономии энергии солнечных батарей спутника. Проведенный анализ схемотехнических решений и элементной базы показал, что наиболее целесообразно провести модернизацию путем замены в мощном (оконечном) каскаде транзистора фирмы Nitronex GaN/Si NPT1010 на транзистор GaN/SiC фирмы Cree CGH40120. После модернизации КПД усилителя увеличится с 44% до 57%, компрессия коэффициента усиления уменьшилась на 1 дБ. Себестоимость модернизированного усилителя уменьшается, так как цена транзистора CGH40120 на 14% меньше чем цена NPT1010.

I. ВВЕДЕНИЕ

Созданная в России глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) успешно конкурирует с системами GPS (США), Beidou (Китай), Galileo (Европа), QZSS (Япония), IRNSS (Индия). Для повышения конкурентоспособности всей системы и уменьшения вероятности внепланового техобслуживания отдельных спутников необходимо постоянно совершенствовать бортовое оборудование, в том числе бортовые усилители мощности СВЧ. Увеличение КПД усилителей экономит ограниченные ресурсы на спутнике, повышение их выходной мощности приводит к повышению точности навигации, рост устойчивости к механическим и к спецвоздействиям повышает время гарантированной наработки и удешевляет стоимость спутниковой группировки. Рассматриваемая в статье модернизация штатного усилителя УМ L2, разработанного для применения в спутниках ГЛОНАСС в диапазоне частот L2 (1232-1262 МГц) [1], была выполнена в НПП «Исток» им. Шокина с целью повышения КПД этого усилителя, в том числе, для экономии ресурса солнечных батарей спутника.

II. АНАЛИЗ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ЭЛЕМЕНТОЙ БАЗЫ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ УСИЛИТЕЛЯ

Анализ схемотехнических решений показал, что для повышения КПД наиболее целесообразно провести модернизацию окончательного каскада и заменить в нем выходной мощный транзистор. На основании анализа современной элементной базы было принято решение о замене транзистора фирмы Nitronex GaN/Si NPT1010 на транзистор GaN/SiC фирмы Cree CGH40120. Для проверки соответствия паспортных данных транзисторов с их фактическими параметрами и поиска оптимальных режимов работы была изготовлена специализированная оправка, фотография которой показана на рис.1.

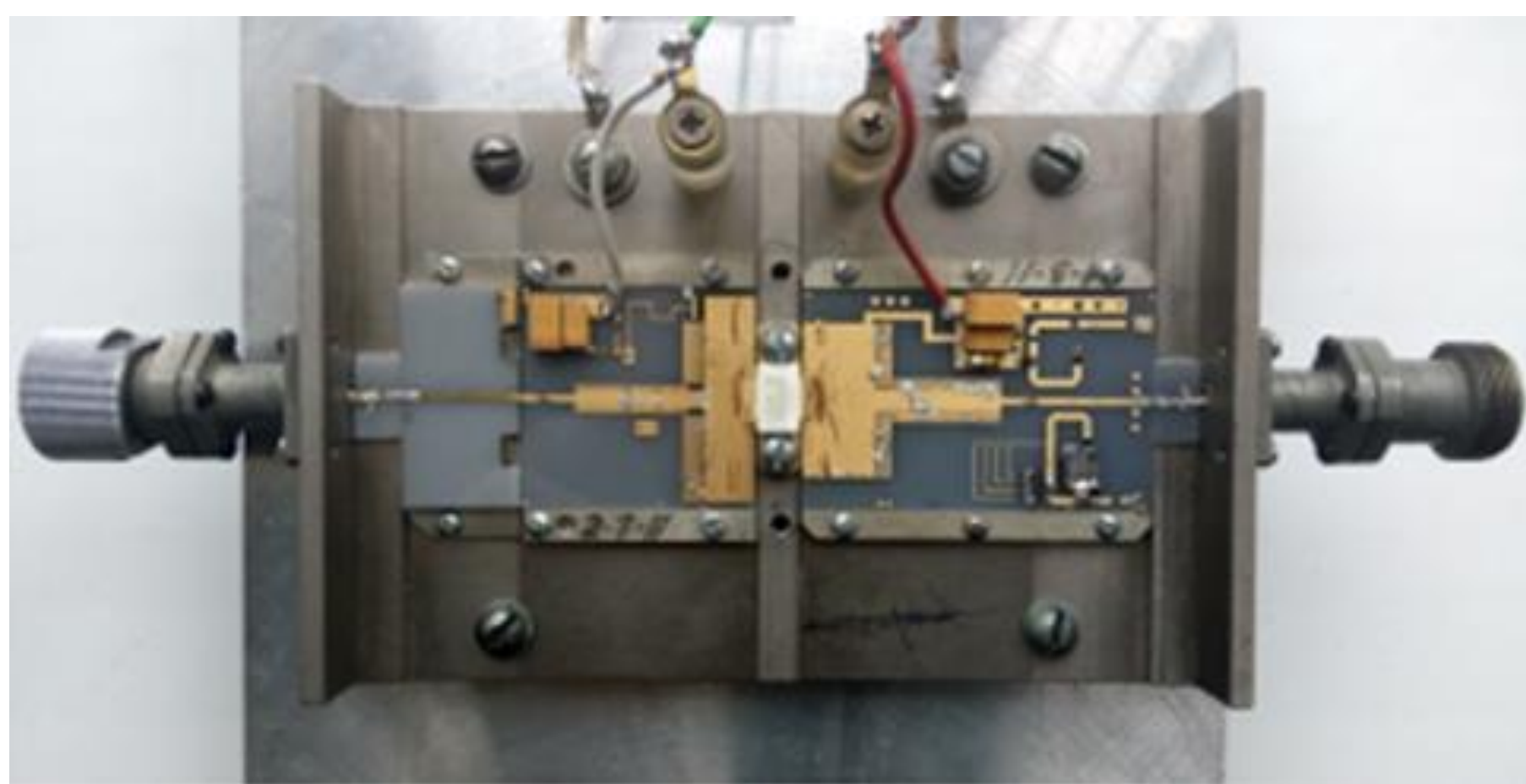


Рис.1 Фотография оправки, изготовленной для измерения параметров одиночных транзисторов. Вход/выход СВЧ расположен слева/справа. Красный и белый провод - питание (22В/28В и -5В).

Были проведены серии сравнительных измерений коэффициентов усиления (КУ) и КПД транзисторов в рабочей полосе при входной мощности 1 Вт и при разных напряжениях U на стоке. Измерения показали, что при U=28В $KU_{CGH40120} = 19,2$ дБ, $KPD_{CGH40120} = 43\%$ и $KU_{NPT1010} = 15,4$ дБ, $KPD_{CGH40120} = 37\%$; при U=22В $KU_{CGH40120} = 17,1$ дБ, $KPD_{CGH40120} = 57\%$ и $KU_{NPT1010} = 13,9$ дБ, $KPD_{CGH40120} = 44\%$. На основании этих измерений было выбрано рабочее напряжение U=22В.

Принципиальная схема согласования транзистора CGH40120F с 50-омным полоском рассчитывалась в программе Serenade Design Environment с учетом проведенных ранее исследований [2, 3].

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО УСИЛИТЕЛЯ УМ L2

На основании выполненного моделирования была рассчитана новая топология затворной и стоковой платы для транзистора CGH40120F, изготовлен модернизированный усилитель УМ L2, проведена его настройка при напряжении на стоке транзистора 22 В. Для испытания характеристик изделия был собран стенд, блок-схема которого показана на рис. 2.

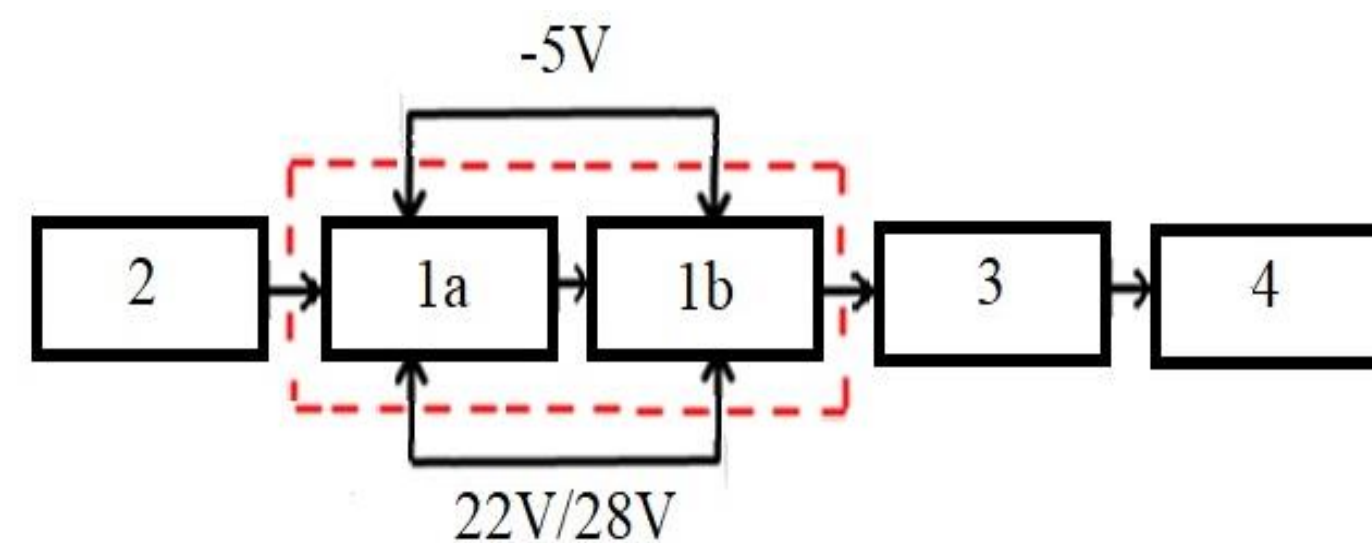


Рис.2 Блок-схема измерительного стенда.

На усилитель УМ L2 в сборе (1a - предусилитель УМ L2, 1b - выходной каскад УМ L2) подается биполярное питание (-5В и 22В(или 28В)). Сигнал генератора Agilent N5181A - 2, после усиления УМ L2, ослабляется аттенуатором Bird 100-SA-MNF-50 - 3 и регистрируется измерителем мощности Agilent E4419B - 4.

На рис. 3 показаны графики зависимости коэффициента усиления и КПД модернизированного усилителя УМ L2 на транзисторе CGH40120 от величины выходной мощности. Как видно из графиков КПД при выходной мощности 45 Вт, которая требуется ТЗ для работы системы ГЛОНАСС, равно 57%, и компрессия коэффициента усиления составляет около 1 дБ.

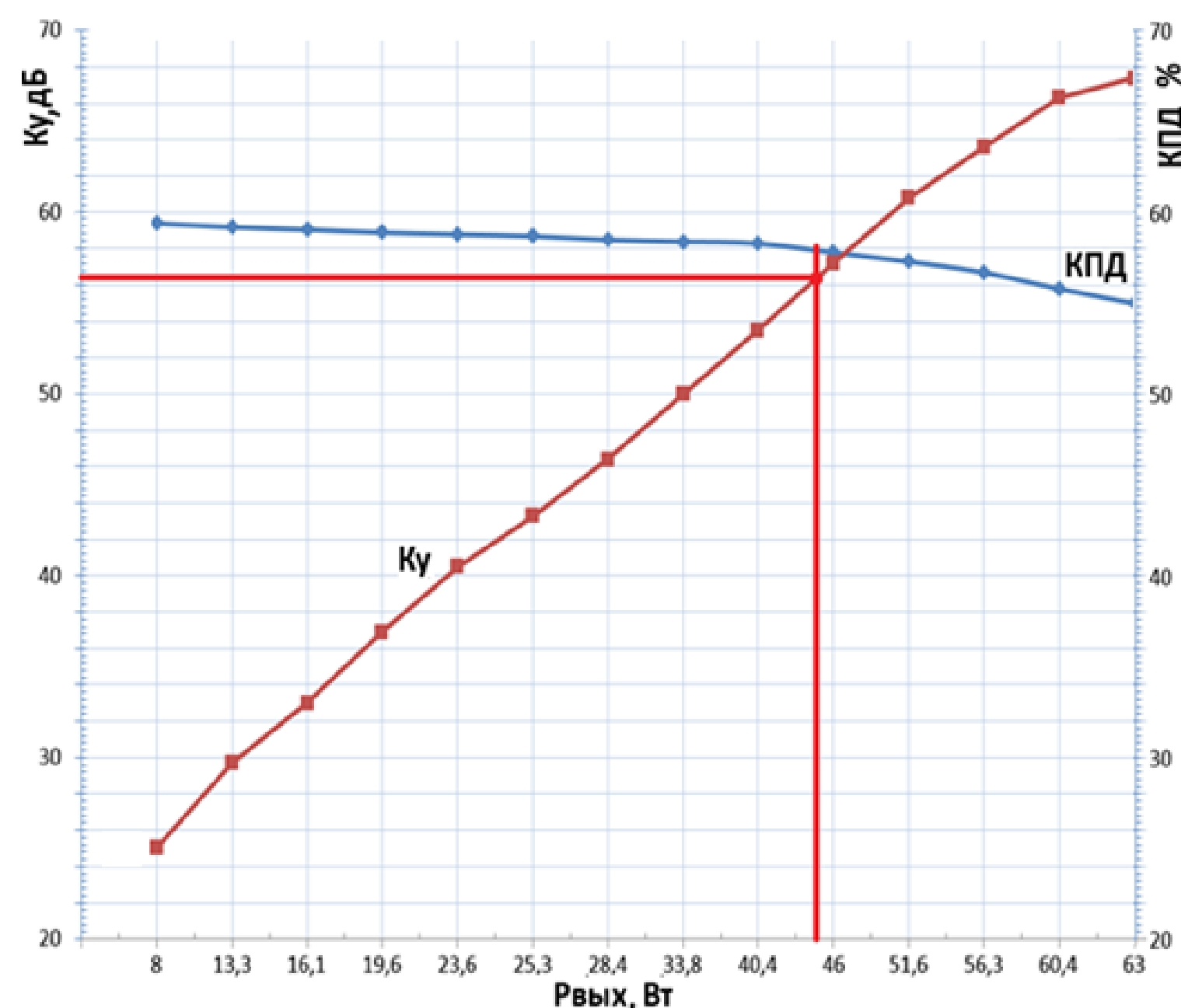


Рис.3 Зависимость КУ и КПД для усилителя УМ L2 на транзисторе CGH40120 при напряжениях на стоке 22 В

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена модернизация штатного усилителя мощности передатчика УМ L2 путем замены транзистора NPT1010 на транзистор CGH40120. Выполнен расчет согласования нового транзистора со штатной схемой и предложено техническое решение - провести согласование за счет использования микрополосковых линий передач. Предложенное согласование выполнено без каких либо кардинальных изменений общей концепции структуры прибора и набора его элементов. В результате проведенных стендовых испытаний было установлено, что при напряжении 22 В на стоке, КПД модернизированного усилителя УМ L2 увеличилось с 44% до 57%. При этом остальные параметры модернизированного усилителя не ухудшились. С учетом того, что стоимость транзистор CGH40120 на 14% меньше стоимости транзистора NPT1010, выполненная модернизация усилителя целесообразна не только технически, но и экономически.

Список литературы

- [1] Глонасс. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L2. <http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/IKD-L2-s-kod.-razd.-Red-1.0-2016.pdf>
- [2] Былкин В.И., Гаврилов И.А., Назарова А.Д. Оценка надежности мощного полевого GaN транзистора в динамическом режиме // Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника - 2013. Выпуск 2 (517) с.35-39
- [3] Былкин В.И., Виноградов Ю.Н., Гаврилов И.А., Лисс В.В., Шастин А.А., Рожков В.М., Тихонов В.В., Шестаков А.К. Бортовые усилители мощности для аппаратуры Глонасс // Электронная техника. Серия 1 СВЧ-техника.-2013. Выпуск3 (518) с.54-59.