

**В.Ю. Мякинков, И.В. Горюнов, С.А. Сердюков, Н.А. Фёдоров,  
А.А Пугачёв, А.К. Гуларян**  
ОАО «НПП «Исток» им. Шокина»

## **Формирователь опорной частоты космического аппарата**

Специфика применения радиоэлектронной аппаратуры космического направления определяет жёсткие требования для устройств, применяемых в этой области в части электрических параметров, надёжности и массогабаритных характеристик.

В статье рассматривается один из способов реализации формирователя опорной частоты космического аппарата, обеспечивающего возможность аварийного управления аппаратом, в случае пропадания сигнала бортового синхронизирующего устройства (БСУ).

При проектировании структурной схемы прибора ставилась задача обеспечить наличие сигналов с частотой  $F_2$ , являющихся сигналами синхронизации (тактовой частотой) для аппаратуры космического аппарата (КА), одновременно на 12 выходах формирователя в следующих случаях:

1. Пропадания двух из трёх сигналов с частотой  $F_1$ , поступающих на формирователь от бортового синхронизирующего устройства;

2. Отказ одного из двух каналов усиления или одного из двух модулей управляемых кварцевых генераторов (ГК) в формирователе.

А также:

– обеспечение систем КА тактовой частотой  $F_2$ , синхронизированной с сигналом бортового синхронизирующего устройства для первого и второго случая;

– обеспечение систем КА тактовой частотой  $F_2$  без синхронизации с сигналом БСУ, в случае пропадания сигнала БСУ или в случае полного отказа БСУ.

Для решения поставленных задач выбрана схема «холодного» замещения активных узлов изделия, путём переключения источников питания по командам управления через две платы управления – коммутации, обеспечивающие возможность перекрёстного резервирования.

Были спроектированы схемы плат входных делителей – сумматоров мощности сигнала БСУ с частотой  $F_1$  и выходных делителей – сумматоров мощности сигналов ГК с частотой  $F_2$ , которые обеспечивают пассивное перекрёстное резервирование структуры прибора в целом. Схематичное изображение перекрёстного резервирования представлено на рисунке 1.

Схема входного делителя – сумматора мощности обеспечивает пассивное перекрёстное резервирование сигналов  $F_1$ . Сигналы с частотой  $F_1$  поступают на формирователь по трём радиочастотным коаксиальным кабелям с бортового синхронизирующего устройства.

Такое решение необходимо для одновременной подачи синхронизирующей частоты  $F_1$  на входы каскадов предварительного усиления основного и резервного каналов формирователя. При этом сигнал синхронизирующей частоты  $F_1$  будет присутствовать в цепях

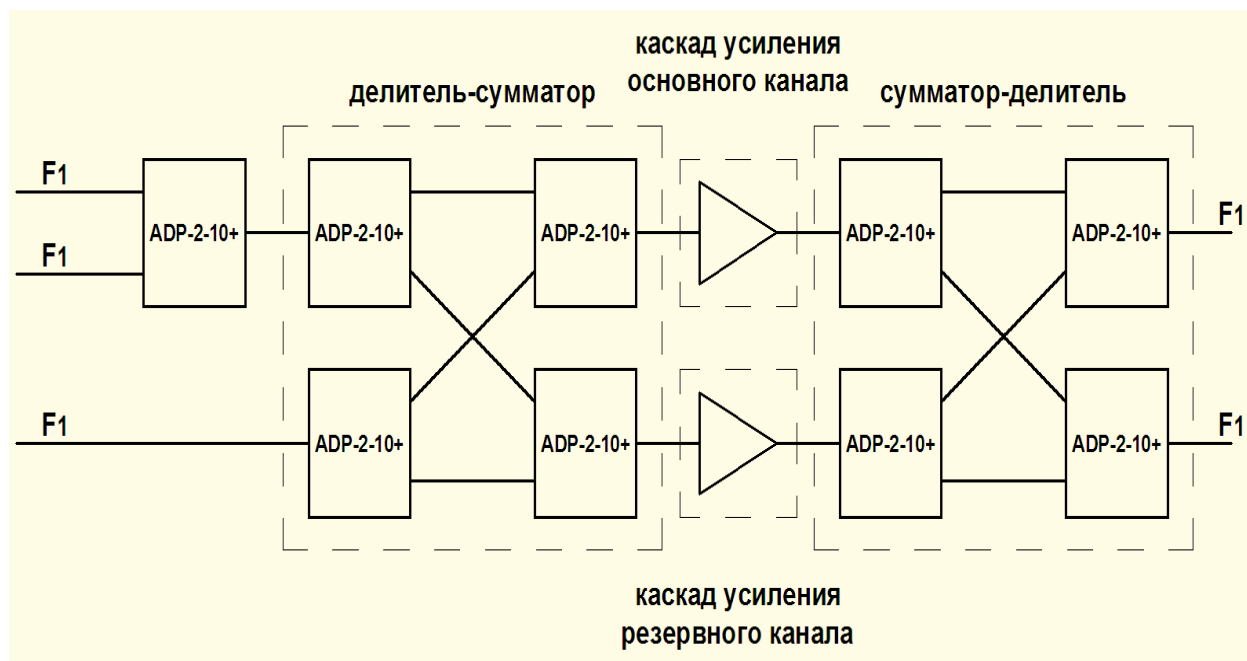


Рисунок 1

основного и резервного каналов даже в случае неисправностей двух из трёх радиочастотных коаксиальных кабелей. Аналогичным образом реализована схема перекрёстного пассивного суммирования – деления усиленных сигналов синхронизирующего устройства, обеспечивающая возможность одновременной подачи, уже усиленной, синхронизирующей частоты  $F_1$ , на опорные входы системы ФАПЧ модулей ГК.

Кварцевые генераторы с электрической перестройкой частоты (УКГ), входящие в состав модулей ГК формирователя опорной частоты, обладают всеми необходимыми электрическими характеристиками, предъявляемыми к сигналу бортового синхронизирующего устройства КА, за исключением долговременной нестабильности частоты. При пропадании сигнала  $F_1$  происходит срыв синхронизации системы ФАПЧ модуля ГК, и отстройка рабочей частоты УКГ на величину  $\pm 2 \times 10^{-5}$ . Сигнал УКГ при этом стабилен, обеспечивает заданные требования по СПМШ и сохраняет значения нестабильности частоты в рабочем диапазоне температур. Это позволяет использовать возможность внешнего аварийного управления аппаратом, необходимую для принятия оперативных решений по возвращению его в полностью рабочее состояние.

Питание изделия осуществляется от бортового источника КА с напряжением  $\pm 28$  В через платы управления – коммутации и далее, через вторичные преобразовательные источники питания с гальванической развязкой.

Схема управления питанием формирователя позволяет осуществлять внешнее раздельное, независимое управление следующими группами узлов:

1. Каскадами предварительного усиления, выходными усилителями мощности и платами телеметрии основного и резервного каналов  $Ус$  (О) и  $Ус$  (Р) соответственно.
2. Модулями ГК включающими в себя УКГ, охваченные петлями ФАПЧ, основного и резервного каналов ГК (О) и ГК (Р) соответственно.

Внешнее управление позволяет включать перечисленные узлы в четырёх, взаимно возможных конфигурациях: Ус (О) +ГК (О), Ус (О) +ГК (Р), Ус (Р) +ГК (Р), Ус (Р) +ГК (О).

Сигналы модулей ГК поступают на узел выходных делителей – сумматоров мощности, включающий в себя делители – сумматоры мощности, усилители мощности сигналов ГК основного и резервного каналов и группу сумматоров – делителей, обеспечивающих наличие сигнала с частотой  $F_2$  одновременно на двенадцати выходах прибора, независимо от выбранной конфигурации.

Узел выходных делителей – сумматоров структурно аналогичен входной схеме и обладает теми же возможностями в части резервирования.

#### **Выводы:**

Таким образом, можно говорить о том, что разработанная схема резервирования, применённая в формирователе опорной частоты и структура формирователя в целом, в полной мере отвечает требованиям надёжности, предъявляемым к устройствам подобного типа. Перекрестное резервирование каналов по входу и выходу прибора в сочетании с холодным перекрестным резервированием основного и резервного каналов внутри изделия, существенно снижают вероятность фатальных отказов как самого формирователя, так и систем КА в целом.

Расчетные оценки ВБР формирователя по этапам его жизненного цикла и для условного полного этапа эксплуатации превышают требуемое значение ВБР, установленное в техническом задании на разработку и составляет не менее 0,99 за время 7400 часов при 7000 часов за 4 года летной эксплуатации и с учетом 5 лет хранения в отапливаемых помещениях.