

**АШИХМИН Александр Владимирович,
доктор технических наук
КОЗЬМИН Владимир Алексеевич,
кандидат технических наук
КОРОЛЬ Евгений Леонидович
РЕМБОВСКИЙ Анатолий Маркович,
доктор технических наук
СЕРГИЕНКО Александр Ростиславович**

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАНОРАМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ СЕМЕЙСТВА «АРГАМАК»

Радиочастотный ресурс – это ограниченный природный ресурс, и его рациональное использование имеет огромное значение для страны, такое же важное, как водный или земельный ресурс. Управление радиочастотным ресурсом невозможно без радиоконтроля, который является «глазами и ушами» процесса управления, поскольку в реальной жизни даже санкционированное применение радиоэлектронных средств не гарантирует достижения запланированных результатов ввиду невозможности учета всех особенностей радиоэлектронного оборудования и возможных взаимных влияний [1]. Но радиоконтроль становится невыполнимым, если нет радиоизмерительного оборудования, способного осуществлять необходимые измерения с требуемой точностью.

Целью настоящей работы является рассмотрение особенностей построения и технических характеристик отечественных панорамных измерительных цифровых радиоприемных устройств семейства АРГАМАК, предназначенных для задач радиоконтроля.

Виды радиоконтрольного оборудования для измерения параметров сигналов

Для выполнения задач радиоконтроля в части анализа загрузки радиодиапазона, измерения напряженности поля и параметров радиосигналов используются разные виды оборудования, в том числе сканирующие радиоприемные уст-

ройства (РПУ), селективные микровольтметры, цифровые анализаторы спектра, панорамные радиоприемные устройства, панорамные измерительные приемники. В *табл. 1* приведены некоторые отличительные признаки указанных приборов.

Для сканирующего приемника характерны высокие реальная чувствительность и избирательность, помехоустойчивость и надежность в условиях воздействия сильных импульсных, флуктуационных и сосредоточенных по спектру помех. Сканирующие радиоприемники используются в основном для измерения загрузки радиоканалов, их применение для измерений напряженности поля и параметров радиосигналов не рекомендуется, поскольку они не имеют стабильных метрологических характеристик.

Селективный микровольтметр – это измерительный прибор, снабженный перестраиваемым узкополосным фильтром и благодаря этому измеряющий напряжение в полосе частот, вплоть до отдельных гармоник спектра. Наиболее совершенные селективные микровольтметры отличаются от анализаторов спектра лишь ручной перестройкой и отсутствием панорамного отображения. Селективные микровольтметры позволяют измерять уровень сигналов на выходе антенного тракта в заданной полосе для широкого рабочего диапазона частот.

Анализатор спектра – универсальный измерительный прибор, предназначенный для исследования спектрально-

Таблица 1. Отличительные признаки измерительного оборудования, используемого для радиоконтроля

Наименование оборудования	Наличие преселектора	Ширина полосы пропускания	Отображение спектров	Наличие калибровки	Наличие демодулятора	Измерение параметров сигналов
Сканирующий радиоприемник	да	определяется полосами сигналов, для приема которых предназначен приемник (от сотен герц до сотен килогерц)	обычно – нет	нет	да	нет
Селективный микровольтметр	да	настраиваемая (от сотен герц до сотен килогерц)	обычно – нет	да	желательно	да
Анализатор спектра	обычно – нет	обычно настраиваемая	да	обычно – да	желательно	да
Панорамный радиоприемник	да	широкая (обычно от сотен килогерц до десятков мегагерц)	да	нет	обычно – да	обычно – да
Панорамный измерительный радиоприемник	да	настраиваемая (от десятков герц до десятков мегагерц)	да	да	обычно – да	да

го состава сигналов и измерения их параметров. Структура анализатора спектра обычно совпадает со структурой супергетеродинного приемника. При дополнительном подключении между антенной и входом первого смесителя фильтров предварительной селекции такой анализатор способен выполнять задачи панорамного измерительного радиоприемника.

Панорамный радиоприемник – это РПУ с широкой полосой пропускания (от сотен килогерц до нескольких десятков мегагерц), с возможностью отображения спектрального состава сигналов и высокой скоростью спектрального анализа в рабочем диапазоне частот (от сотен мегагерц до десятков гигагерц в секунду), высокой селективностью по побочным каналам приема, высокой чувствительностью и леньностью характеристик. Панорамный приемник, как правило, имеет демодуляторы сигналов с АМ, ЧМ, ФМ, ОМ, возможность подключения к ПЭВМ.

Панорамный измерительный радиоприемник – это пано-

рамный приемник с высокими метрологическими характеристиками измерения уровня, частоты и других необходимых параметров радиосигналов. В состав измерительного приемника, как правило, входит набор из пикового, квазипикового и среднеквадратического детекторов, предназначенный для измерения уровней сигналов. Панорамный измерительный приемник обычно обеспечивает при спектральном анализе сигналов частотное разрешение от нескольких герц до десятков килогерц и работает под управлением ПЭВМ.

В настоящее время на отечественных радиоконтрольных станциях происходит постепенная смена радиоконтрольного оборудования. На смену устаревшей аналоговой технике приходят цифровые панорамные измерительные приборы. При этом использование панорамных измерительных приемников для эфирного контроля источников радиоизлучения представляется наиболее предпочтительным, поскольку эти приборы разработаны непосредственно для целей

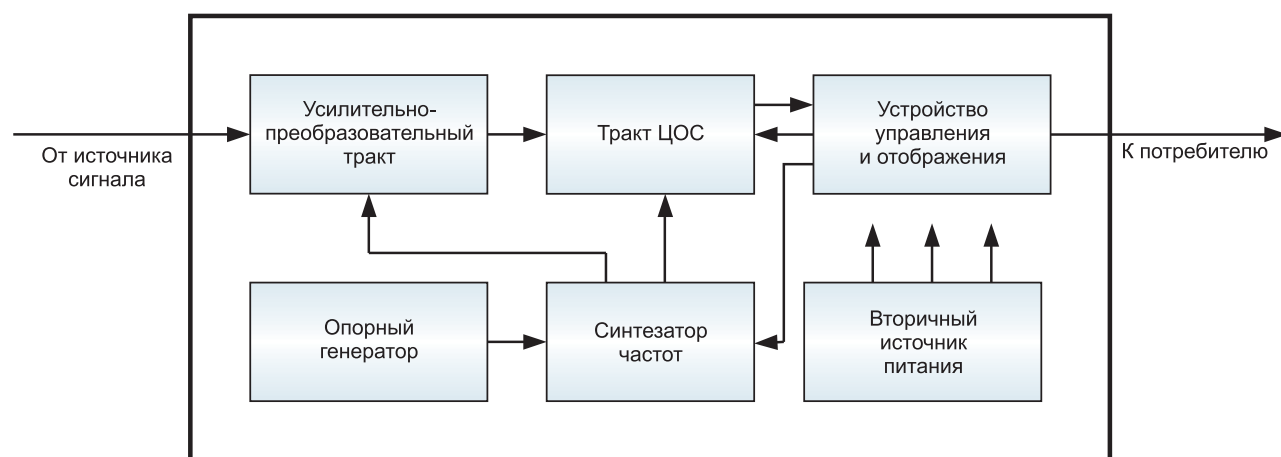


Рис. 1. Обобщенная структурная схема ЦРПУ

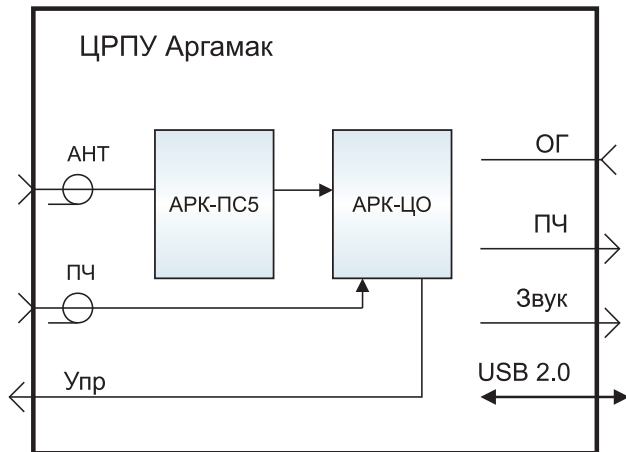


Рис. 2. Структурная схема ЦРПУ АРГАМАК

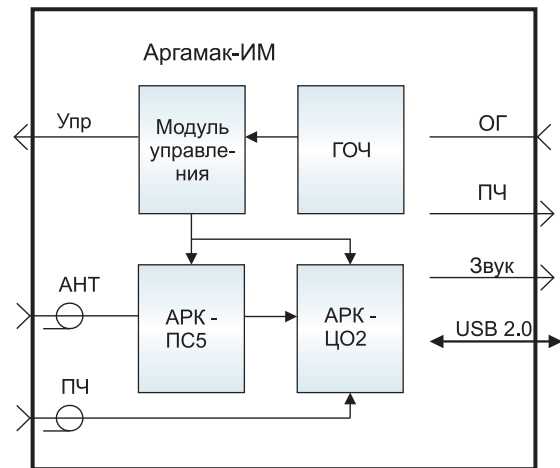


Рис. 3. Структурная схема АРГАМАК-ИМ

радиоконтроля и имеют технические характеристики, обеспечивающие успешное решение задач по обнаружению радиосигналов и измерению их параметров: напряженности поля, ширины спектра, загрузки радиодиапазона, частоты и параметров модуляции.

Цифровое радиоприемное устройство (ЦРПУ) — это устройство, в котором осуществляется обработка сигналов в аналоговой и цифровой формах [2]. К ЦРПУ относят приборы, в которых в аналоговом виде осуществляется предварительная фильтрация сигнала, его усиление, преобразование частоты сигнала на промежуточную частоту. Сигнал промежуточной частоты подвергается аналого-цифровому преобразованию, и вся дальнейшая обработка осуществляется в цифровом виде. Обобщенная структурная схема ЦРПУ включает в себя несколько функциональных блоков, как показано на рис. 1.

Усилительно-преобразовательный тракт принимает сигнал от антенны, отфильтровывает от помех, смещает спектр входного сигнала на промежуточную частоту, на которой производится аналого-цифровое преобразование. В состав усилительно-преобразовательного тракта могут входить вспомогательные узлы — система АРУ, аттенюаторы, ограничители, влияющие на амплитудную характеристику усилительного тракта, но не вносящие искажений в принимаемую информацию.

В тракте цифровой обработки сигналов (ЦОС) производится цифровая фильтрация, в значительной степени определяющая помехоустойчивость приемного устройства, цифровая демодуляция, цифровой спектральный анализ (ЦСА). Синтезатор частот преобразует частоту внешнего или собственного опорного генератора и формирует из него сетки частот, необходимые для работы, перестраивает ЦРПУ в диапазоне рабочих частот.

Устройство управления и отображения реализует в автономном режиме заданный алгоритм работы приемного устройства (включение, выключение, поиск и выбор сигнала, адаптацию к меняющимся условиям работы и т. п.), позволяет пользователю вручную или в автоматическом режиме управлять приемным устройством.

Вторичный источник питания предназначен для преобразования энергии первичного источника, например, бортовой сети или сети 220 В, в форму, пригодную для использования непосредственно в блоках устройства.

К важнейшим характеристикам ЦРПУ, определяющим

его качество и возможность применения для задач радиоконтроля, относят рабочий диапазон частот, дискретность настройки по частоте, коэффициент шума, максимальный уровень входного сигнала, свойства аттенюатора, относительную погрешность частоты настройки, температурную нестабильность, время настройки синтезатора, избирательность и динамический диапазон, точки пересечения по интермодуляции второго и третьего порядка, неравномерность коэффициента передачи, потребляемую мощность, массу и габариты [2].

Цифровое радиоприемное устройство

АРК-ПР5 АРГАМАК

Цифровое радиоприемное устройство АРК-ПР5 АРГАМАК конструктивно состоит из двух модулей: ВЧ-ОВЧ-СВЧ-преобразователя радиосигналов АРК-ПС5 и модуля цифровой обработки сигналов АРК-ЦО, как показано на рис. 2. Каждый из модулей размещается на многослойной печатной плате размером 100×160 мм. Исполнение модулей делает возможным их совместное или раздельное использование в аппаратуре. Еще одной полезной особенностью является возможность выбора полосы пропускания приемника из значений 2, 5 или 10 МГц. Подробные структурные схемы ЦРПУ АРГАМАК, принципы работы, фотографии печатных плат приведены в [2, 3], а в настоящей работе приведены лишь его основные технические характеристики (табл. 2). Для того чтобы РПУ могло использоваться в качестве измерительного прибора, необходимо, чтобы оно удовлетворяло нескольким требованиям, главными из которых являются:

- ◆ высокая стабильность метрологических характеристик в диапазоне рабочих условий;
- ◆ метрологические характеристики, достаточные для выполнения измерений с необходимой точностью;
- ◆ соответствие правовым аспектам государственного законодательства о единстве средств измерений.

Панорамные измерительные приемники семейства АРГАМАК

Перспективные технические решения, положенные в основу ЦРПУ АРГАМАК, унификация преобразователя радиосигналов АРК-ПС5 и модуля ЦОС АРК-ЦО, современная технология производства и настройки обеспечили высокие технические параметры ЦРПУ по быстродействию, линей-

ности, чувствительности тракта и стабильности характеристик, что позволило разработать на его основе семейство панорамных измерительных средств, в которое входят:

- ◆ панорамный измерительный приемник АРГАМАК-И;
- ◆ панорамный измерительный приемник АРГАМАК-ИМ;
- ◆ панорамный измеритель напряженности поля АРГАМАК-ИС;
- ◆ выносной конвертор АРК-КНВ4.

Панорамные измерительные приемники АРГАМАК-И, АРГАМАК-ИМ, выносной конвертор АРК-КНВ4 имеют

государственные сертификаты типа средств измерений [5 – 7]. В настоящее время успешно завершается государственная сертификация измерителя напряженности поля АРГАМАК-ИС. Технические параметры этих приборов во многом совпадают с параметрами ЦРПУ АРГАМАК, однако есть и некоторые особенности, связанные с применением для целей измерений и сведенные в табл. 3.

Общая структурная схема измерительного приемника АРГАМАК-И практически не отличается от структурной схемы ЦРПУ АРГАМАК, приведенной на рис. 2. В этом измерительном приемнике использованы цифровые ме-

Таблица 2. Основные технические характеристики ЦРПУ АРГАМАК

Параметр	Значение
Рабочий диапазон частот, МГц Входной аттенюатор, дБ Максимально допустимый сигнал на входе, дБм Коэффициент шума, дБ: в диапазоне 0,09 – 465 МГц свыше 465 МГц	0,009 – 3000 0 – 30, с шагом 2 23 не более 12 12 – 14
Нестабильность частоты опорного генератора Относительная погрешность установки частоты (-20... + 50°С) Время настройки синтезатора, мс, не более	5×10^{-7} 5×10^{-7} 2
Фазовый шум гетеродина при расстройке на 10 кГц, дБ/Гц в диапазоне 25 – 1000 МГц свыше 1000 МГц	минус 95 минус 85
Точка пересечения по интермодуляции 3 порядка IP3 без аттенюаторов, дБм, не менее в диапазоне 0,09 – 30 МГц в диапазоне 25 – 3000 МГц Ослабление помехи промежуточной частоты, дБ, не менее Избирательность по зеркальному каналу дБ, не менее Динамический диапазон по интермодуляции 3 и 2 порядка, дБ, не менее Неравномерность коэффициента передачи в рабочем диапазоне частот, дБ, не более	6 0 70 70 75 ± 3
Частота аналогового сигнала ПЧ, МГц Полоса пропускания до выхода ПЧ, МГц	10,7 или 41,6 2, 5 или 10
Дискретность установки частоты настройки, Гц	1
Встроенный демодулятор	АМ, ЧМ, ФМ, ОМ, ЧТ
Детекторы	пиковый, квазипиковый, среднеквадратический
Скорость вычисления панорамы спектров в рабочем диапазоне частот, МГц/с, не менее : модуль цифровой обработки АРК-ЦО2 модуль цифровой обработки АРК-ЦО5 модуль цифровой обработки АРК-ЦО10	600 1500 3000
Интерфейс управления и передачи данных	USB 2.0
Интервал рабочих температур, °С Напряжение питания, В Потребляемая мощность, Вт Габариты, мм Масса, кг, не более	-40... + 55 9...16 15 100×16×168 1,5

Таблица 3. Некоторые технические характеристики измерительных приемников семейства АРГАМАК

Параметр	АРГАМАК-И	АРГАМАК-ИМ	АРГАМАК-ИС	АРК-КНВ4
Рабочий диапазон частот, МГц	25 – 3000	25 – 3000	25 – 3000	1000 – 18 000
Предел допустимой относительной погрешности измерения частоты синусоидального сигнала при работе от внутреннего опорного генератора, не более	$\pm 2 \times 10^{-6}$	$\pm 5 \times 10^{-9}$	$\pm 5 \times 10^{-9}$	$\pm 5 \times 10^{-7}$
Предел уровня допустимой погрешности измерения синусоидального сигнала с калибровкой, дБ, не более	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	± 3
Предел уровня допустимой погрешности измерения синусоидального сигнала, дБ, не более	± 3	± 3	± 3	± 6
Полоса пропускания, МГц	2	2	2	10
Потребляемая мощность, Вт	30*	35*	35	19
Масса, кг, не более	5	5	10	2
Габариты, мм	270×240×130	300×300×200	800×260×180, 236×141×66	250×220×290

Примечание: * мощность с учетом заряда внутренних аккумуляторов.

тоды коррекции тракта приема, включая значения первой промежуточной частоты и коэффициент передачи тракта. Приемник смонтирован в прочном корпусе в виде кейса (степень защиты IP65), имеет внутреннюю аккумуляторную батарею, время непрерывной работы не менее 6 ч. При работе от внешнего источника электропитания внутренняя аккумуляторная батарея автоматически заряжается. Приемник имеет выход внутреннего опорного генератора, выход цифрового демодулятора, вход сигнала внешнего опорного генератора, вход и выход промежуточной частоты 41,6 МГц. Для подключения антенны используется радиочастотный разъем N-типа. Для работы под управлением внешней ПЭВМ используется интерфейс USB 2.0. Внешний вид приемника изображен на *фото 1*.

У панорамного измерительного приемника АРГАМАК-ИМ многие технические характеристики практически совпада-

ют с АРГАМАКОМ-И, но имеется кардинальное отличие – повышенная на два порядка точность измерения частоты. Для этого в конструкцию приемника (*рис. 3*) был добавлен дополнительный модуль генератора опорной частоты, кварцевый резонатор которого помещен в высокостабильный термостат, кроме того, с помощью встроенного программного обеспечения осуществляется подстройка частоты в целях устранения эффектов старения. Также в приемнике используется унифицированный модуль управления, который позволил существенно увеличить расстояние между приемником и выносным удаленным устройством, повысить помехозащищенность каналов управления. Как и АРГАМАК-И, измерительный приемник АРГАМАК-ИМ смонтирован в прочном корпусе в виде кейса со степенью защиты IP65, может работать от внешнего источника питания или от внутренней аккумуляторной батареи, при исполь-



Фото 1. Панорамный цифровой измерительный приемник АРГАМАК-И



Фото 2. Панорамный цифровой измерительный приемник АРГАМАК-ИМ



Фото 3. Измеритель напряженности поля АРГАМАК-ИС:
а – выносной датчик поля, б – блок аналого-цифровой обработки

зовании которой время непрерывной работы составляет не менее 4 ч. Внешний вид приемника показан на *фото 2*.

Серьезной проблемой для стационарных станций радио-контроля является необходимость использования длинного высокочастотного кабеля снижения от измерительной антенны, размещенной на крыше здания или на мачте, до входа приемника, находящегося внутри станции. Чем длиннее кабель снижения, тем хуже будет чувствительность измерительной системы за счет потерь и собственного шума кабеля, тем сильнее будет проявляться антенный эффект, а следовательно становится хуже точность измерения уровней, напряженности поля и плотности потока мощности сигналов. Кроме того, для проведения измерений необходим кабель снижения, имеющий калибровочную таблицу для всего диапазона рабочих частот. Кабель снижения должен иметь государственный сертификат.

Малозумящий предварительный усилитель, установленный на измерительной антенне, на первый взгляд кажется хорошим решением указанной проблемы, но его использование весьма проблематично, поскольку во избежание уменьшения динамического диапазона приемника требуется согласование его коэффициента усиления с частотнозависимыми потерями в кабеле снижения, кроме того, усилитель должен иметь очень большой динамический диапазон, свободный от интермодуляций, поскольку измерительная антенна, как правило, широкополосна [2, 13]. Предвари-

тельный усилитель должен иметь калибровочную таблицу зависимости усиления от частоты для всего диапазона рабочих частот и иметь, как и кабель снижения, соответствующий сертификат.

Целесообразный путь решения данной проблемы заключается в максимальном сокращении длины высокочастотного кабеля, то есть измерительный приемник желательно размещать в непосредственной близости от измерительной антенны, как это сделано в панорамном измерителе напряженности поля АРГАМАК-ИС, который состоит из двух блоков – выносного датчика поля и блока аналого-цифровой обработки. Структурная схема прибора показана на *рис. 4*, внешний вид блоков – на *фото 3*. В приборе преобразователь радиосигналов АРК-ПС5 встроен непосредственно в антенную систему, по кабелю снижения в блок аналого-цифровой обработки сигнал передается на промежуточной частоте, при этом длина кабеля снижения может достигать нескольких сотен метров, становится возможным применение недорогого коаксиального кабеля малого диаметра, удобного для монтажа. Такое решение делает возможным калибровку кабеля снижения только в одной точке, соответствующей промежуточной частоте.

Панорамный измеритель поля АРГАМАК-ИС разработан на основе приемника АРГАМАК-ИМ с использованием унифицированных модулей, таких как АРК-ПС5, АРК-ЦО2, универсального модуля управления, высокоста-

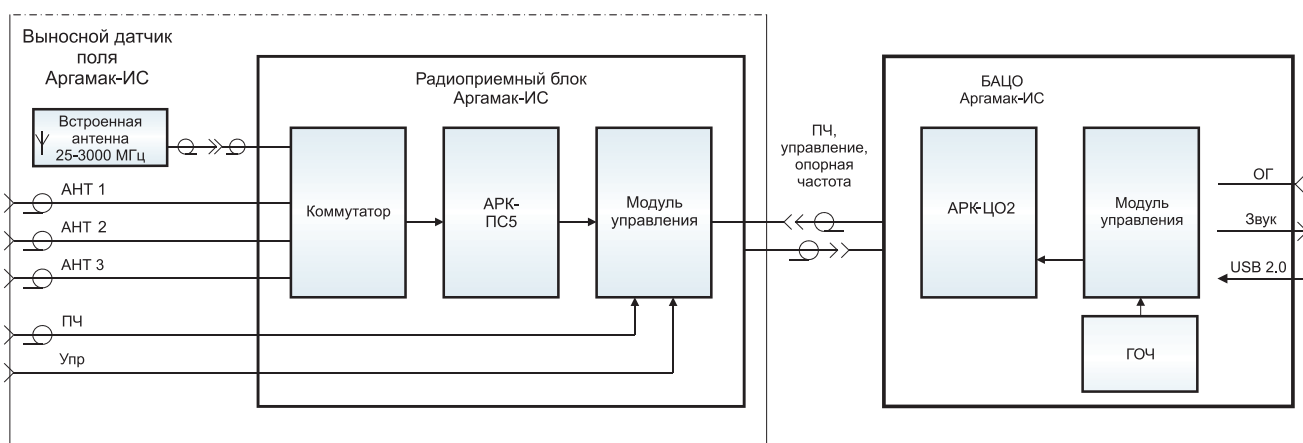


Рис. 4. Структурная схема АРГАМАК-ИС



Фото 4. Выносной конвертор ARK-KHB4 в носимом варианте

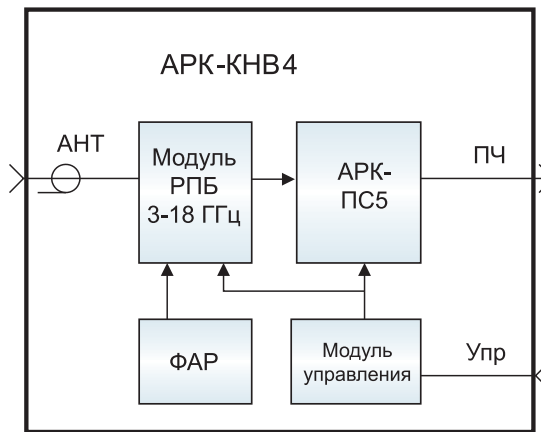


Рис. 5. Структурная схема ARK-KHB4

бильного термостатированного генератора опорной частоты. Полезной особенностью выносного датчика поля является наличие трех дополнительных входов, коммутируемых программно и предназначенных для подключения дополнительных приемных или измерительных антенн. Выносной датчик поля имеет влагозащищенную конструкцию. Диапазон рабочих температур, при которых погрешность измерения напряженности поля встроенной антенной не превышает ± 3 дБ, составляет от -20 до $+55$ °С. На фото 5 показан пример размещения выносного датчика поля на телескопической мачте стационарного поста радиоконтроля. Для расширения рабочего диапазона частот до 18 ГГц был разработан выносной конвертор ARK-KHB4. Как и другие приборы семейства, конвертор ARK-KHB4 использует унифицированный модуль ARK-ПС5. Конвертор имеет встроенную антенную систему, которая содержит восемь диапазонных активных антенн, объединенных в фазированную антенную решетку (ФАР) с линейной поляризацией. Кроме встроенной антенной системы, конвертор содержит дополнительный вход для внешней антенны, поэтому его совместно с внешней измерительной антенной можно использовать для измерения напряженности поля или плот-

ности потока мощности. Коэффициент передачи сигнала от входа для внешней антенны до выхода промежуточной частоты составляет 0 дБ.

Структурная схема конвертора приведена на рис. 5, а его внешний вид представлен на фото 4. Выносной конвертор ARK-KHB4 может использоваться в качестве носимого прибора или размещаться на мачте вместе с измерительной антенной.

Все измерительные приемники семейства АРГАМАК имеют внешнюю шину управления RS-485, что позволяет интегрировать приборы в измерительную систему, используя минимальное количество соединений, а подключаемые устройства можно размещать на удалении до нескольких сотен метров.

На рис. 6 изображена структурная схема измерительной системы, состоящей из панорамного измерителя напряженности поля АРГАМАК-ИС, выносного конвертора ARK-KHB4, опорно-поворотного устройства и измерительных антенн, а на фото 7 показана компоновка ее элементов на опорно-поворотном устройстве ARK-УП1, включающая:

- ◆ блок выносного датчика поля АРГАМАК-ИС;
- ◆ измерительную антенну П6-59;

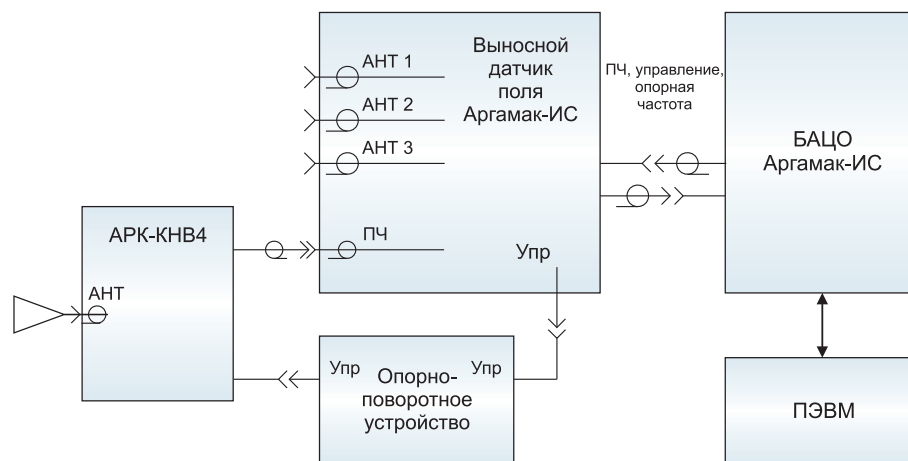


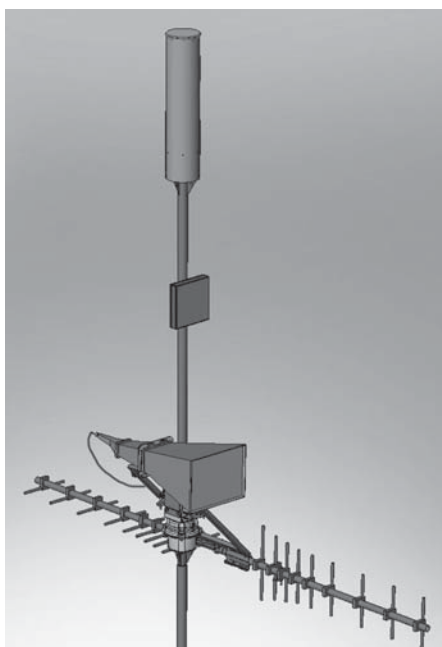
Рис. 6. Вариант измерительной системы, включающей АРГАМАК-ИС, ARK-KHB4, поворотное устройство и измерительные антенны



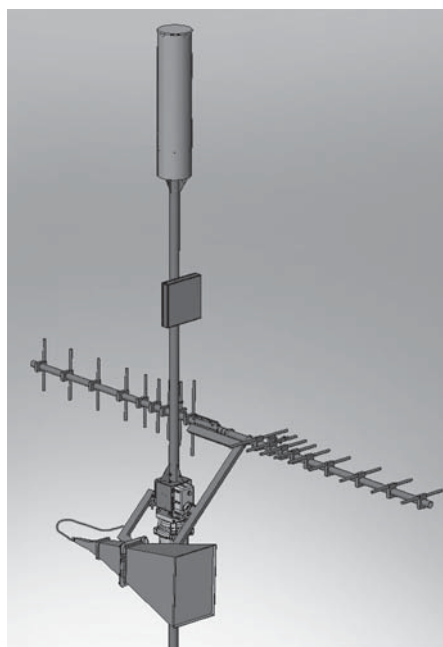
Фото 5. Выносной датчик поля АРГАМАК-ИС на мачте стационарной станции радиоконтроля



Фото 6. Выносной конвертор АРК-КНВ4 на мачте мобильной станции радиоконтроля вместе с рупорной антенной на дистанционно управляемом поворотном устройстве



а



б

Фото 7. Компоновка элементов измерительной системы на опорно-поворотном устройстве для разных поляризации антенн

- ◆ антенну АРК-А7М-3 (25 – 3000 МГц);
- ◆ антенну АРК-А3-23 (400 – 3000 МГц);
- ◆ выносной конвертор АРК-КНВ4 в защитном кожухе.

Поворотное устройство АРК-УП1 обеспечивает поворот по азимуту в диапазоне углов $\pm 180^\circ$ с точностью установки угла не хуже 5° , при этом время поворота на максимальный угол составляет не более 1,5 мин. Кроме того, устройство позволяет задавать вертикальную или горизонтальную поляризацию антенн, как показано на фото 7а, б.

Программное обеспечение для панорамных измерительных приборов семейства АРГАМАК

Панорамные измерительные приемники семейства АРГАМАК применяются в стационарных, мобильных и

носимых комплексах радиоконтроля для задач измерения напряженности поля, распознавания видов модуляции и измерения ее параметров, анализа характеристик базовых станций мобильных систем радиосвязи, использования в службах санитарного контроля [8 – 12]. Для выполнения измерений используются программы системного математического обеспечения (СМО), в базовый комплект программ входят: СМО-ПАИ, СМО-КПА, СМО-КН, СМО-БС [4]. Кратко рассмотрим возможности каждой из них. Программа СМО-ПАИ предназначена для панорамного анализа и измерений на постах радиоконтроля в стационарных, мобильных и носимых вариантах. Программа обеспечивает взаимодействие всех устройств, входящих в измерительную систему, в режимах панорамного анализа

Таблица 4. Точность измерений основных параметров радиосигналов

	Измеряемый параметр радиоизлучения	Точность измерения			Примечание
		АРГАМАК-ИМ	АРГАМАК-И	АРГАМАК-ИС	
1	Напряженность электрического поля радиосигнала	-	-	± 3 дБ при измерении встроенным датчиком поля	в диапазоне (0 – 110) + К дБмкВ/м в полосе пропускания 2 МГц
2	Уровень радиосигнала	± 3 дБ; $\pm 1,5$ дБ с дополнительной калибровкой	± 3 дБ; $\pm 1,5$ дБ с дополнительной калибровкой	$\pm 2,5$ дБ по коммутируемым входам внешних антенн в рабочем диапазоне температур; $\pm 1,5$ дБ по коммутируемым входам внешних антенн при нормальных климатических условиях (+ 15... + 35° С); $\pm 1,5$ дБ с дополнительной калибровкой	в диапазоне 0 – 110 дБмкВ в полосе пропускания 2 МГц
3	Частота радиосигнала при измерении немодулированной несущей*	$\pm 5 \cdot 10^{-9}$	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$	$\pm 5 \cdot 10^{-9}$	
4	Частота радиосигнала при измерении широкополосной ЧМ*	± 20 Гц	-	± 20 Гц	
5	Ширина полосы по методу X дБ	5%	5%	5%	минимальный заданный уровень X дБ должен превышать уровень шумов на 10 дБ
6	Коэффициент амплитудной модуляции при измерении в пределах 15 – 90% (относительная ошибка)*	10%	10%	10%	
7	Девияция частоты при измерении в пределах 1 – 120 кГц*	5%	5%	5%	
8	Разнос частот*	5%	5%	5%	
9	Скорость манипуляции*	1%	1%	1%	
10	Частота поднесущей	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}	

Примечание: * при уровне сигнала 20 дБмкВ или отношении сигнал/шум 26 дБ.

от 9 кГц до 18 ГГц в реальном масштабе времени и накопления для отложенной обработки. Обеспечиваются автоматизированные и автоматические измерения основных параметров сигналов с привязкой ко времени и географическим координатам, в том числе напряженности поля, частоты сигналов, определение вида модуляции и измерения ее параметров. Метрологические характеристики измерения основных параметров сигналов с помощью программы СМО-ПАИ приведены в табл. 4.

Программа СМО-КПА применяется в носимых измерительных системах, управляемых карманным компьютером. При этом диапазоны принимаемых частот, скорость панорамного анализа и частотное разрешение определяются измерительной аппаратурой, а также параметрами используемого карманного компьютера. Программа осуществляет обработку спектральных данных в реальном масштабе времени и накапливает их для отложенной обработки, она позволяет проводить измерение напряженности поля и параметров сигналов с привязкой к географическим координатам.

Программа СМО-КН представляет собой специализированную геоинформационную систему, предназначенную для определения местоположения стационарной станции и траектории движения мобильной станции, локализации источников радиоизлучения, отображения их вместе с другими элементами радиообстановки на электронной карте местности, отображение напряженности поля по результатам теоретических расчетов и натурных измерений.

Программа СМО-БС используется для поиска базовых станций стандартов GSM и CDMA в заданном частотном диапазоне, приема служебных данных и выполнения необходимых измерений. Программа осуществляет обработку служебной информации, передаваемой базовыми станци-

ями, измерение параметров сигналов и каналов передачи, сохранение результатов в базе данных, построение зоны покрытия сети с учетом данных цифровых карт местности, определение местоположения обнаруженных базовых станций, анализ внутри- и межсетевых интерференционных воздействий базовых станций, проверку соответствия наблюдаемых в эфире базовых станций частотно-территориальному плану [11, 12].

Заключение

В семейство панорамных измерительных приборов АРГАМАК входят цифровые радиоприемные устройства АРГАМАК-И, АРГАМАК-ИМ, АРГАМАК-ИС и АРК-КНВ4. Все приемники построены на базе унифицированных модулей преобразования радиосигналов АРК-ПС5 и цифровой обработки АРК-ЦО5.

Приборы, входящие в семейство, имеют малые массу и габариты, низкое энергопотребление, что в совокупности с высокими метрологическими характеристиками делает возможным их применение в стационарных, мобильных и носимых вариантах. Использование унифицированных модулей обработки сигналов, модулей управления, генераторов опорной частоты повышает надежность и облегчает серийное производство приборов.

Технические характеристики панорамных измерительных приборов соответствуют требованиям МСЭ и отечественных нормативных документов. Системное программное обеспечение позволяет использовать измерительные приборы для работы под непосредственным управлением оператора в составе локальных измерительных постов, как и в составе сложных дистанционно управляемых автоматизированных измерительных систем.

Литература

1. *Справочник по управлению использованием спектра на национальном уровне. МСЭ 2005. Женева, 2005. – 329 с.*
2. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. *Радиомониторинг: задачи, методы, средства/ Под редакцией А.М. Рембовского. – М: Горячая линия – Телеком, 2006. – 492 с.*
3. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Сергиенко А. Р. *Построение многофункциональных систем радиомониторинга на основе семейства малогабаритных цифровых радиоприемных устройств и модулей/ Специальная техника, 2005, № 4.*
4. *Каталог компании «ИРКОС», Москва, 2009.*
5. АРГАМАК-И – приемник панорамный измерительный. Сертификат Госстандарта России об утверждении типа средств измерений RU.E.35.018.A № 18189 от 04.07.2004 г., зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 27325-04.
6. АРК-КНВ4 – конвертор выносной. Сертификат № 17735 Госстандарта России от 04.06.2004 г. о внесении конверторов выносных АРК-КНВ4 в реестр средств измерения РФ под № 26994-04.
7. Аргамак-ИМ – приемник панорамный измерительный. Сертификат федерального агентства по техническому регулированию и метрологии об утверждении типа средств измерений RU.E.35.018.A № 24225, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 31954-06.
8. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Кочкин Д.Е., Чубов Е.А. *Использование цифрового измерительного приемника АРГАМАК-ИМ для измерения напряженности поля в мобильных станциях радиомониторинга/ Специальная техника, 2006, № 3, с. 35 – 44.*
9. Бегишев М.Р., Двоглазова С.В., Козьмин В.А., Кочкин Д.Е., Савельев С.И. *Автоматизированный мониторинг интенсивности электромагнитного поля/ Специальная техника, 2007, № 2, с. 34 – 39.*
10. Новикова Н., Бальшен Л.И., Козьмин В.А., Авдюшин А.С., Бегишев М.Р. *Мобильный автоматизированный измерительный комплекс контроля параметров поездной радиосвязи ИВК-Радио/ Специальная техника, 2006, № 6, с. 34 – 42.*
11. Ашихмин А.В., Каюков И.В., Козьмин В.А., Манелис В. Б. *Анализатор базовых станций gsm сетей на базе панорамного измерительного приемника АРГАМАК-ИМ/ Специальная техника, 2008, № 1, с. 31 – 39.*
12. Ашихмин А.В., Каюков И.В., Козьмин В.А., Манелис В. Б. *Анализатор базовых станций CDMA сетей/ Специальная техника, 2008, № 3 – 4, с. 16 – 26.*
13. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Рембовский А.М., Сергиенко А.Р. *Технические характеристики и особенности построения автоматических радиопеленгаторов семейства АРТИКУЛ/ Спецтехника и связь, 2008, № 2, с. 26 – 35.*