

КР - 2II, 2I2, 2I3, 2I4, 2I5, 2I6

Канал измерения скорости бортового радиолокатора

Разработать канал измерения скорости, входящий в состав самолетного радиолокатора (РЛ). Самолет предназначен для атаки цели, совершающей маловысотный (МВП) или крейсерский (при отсутствии режима МВП) полет. Атака выполняется на встречном курсе при скорости самолета  $V$  и высоте его полета  $H$ . Пуск ракет производится на дальности  $R_p$  до цели. Разрешающая способность РЛ по дальности  $\delta R$ , а по углу  $\delta \theta = 1,5\varphi$ , где  $\Psi$  - ширина ДН круглой ФАР диаметром  $D_a$ .

Минимальная суммарная погрешность измерения  $(\sigma^2 + \Delta V_d^2)^{1/2} = \sigma_\varepsilon$  на дальности  $R_{max}$  при ЭПР цели  $S_0$  и наличии на трассе распространения радиоволн зоны протяженностью  $R_{oc}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ . Информация о скорости выделяется из доплеровского сдвига несущей частоты отраженного импульсного сигнала.

Считать, что значение  $\sigma_\varepsilon$  достигается при оптимизации измерителя для дальности  $R_{max}$ , потерях в трактах РЛ  $L_a$  и коэффициенте шума приемника, равном 5. Значения КПД составляют: антенны-0,78, фидерных трактов - 0,9, обтекателя (в одном направлении) - 0,7, Полоса пропускания УПФ перед частотным дискриминатором 1 кГц.

1. Составить и описать структурную схему РЛ с указанием номиналов частот всех сигналов.

2. Определить параметры антенны; зондирующего и отраженного сигналов; трактов формирования и обработки сигналов; выдаваемого измерителем двоично-десятичного кода скорости, а также мощность передатчика.

3. Выбрать дальность  $R_0$ , для которой производится оптимизация измерителя скорости, используя оценки суммарной погрешности при  $R_0 = R_{max}$  и  $R_0 = R_p$ . Построить зависимость полной погрешности от  $R / R_{max}$ .

4. Разработать технические требования к основным элементам РЛ, достаточные для дальнейшего проектирования. Учесть, что все частоты в РЛ формируются с помощью когерентного генератора с частотой  $f_{k.g} = 60$  МГц, входящего в синтезатор частот. Указать допустимую нестабильность частоты  $f_{k.g}$ .

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

КР - 221, 222, 223, 224, 225, 226

Активный измеритель скорости

Разработать канал измерения скорости наземного радиолокатора (РЛ), используемого при испытаниях беспилотных ЛА (БПЛА), снабженных бортовыми ответчиками. БПЛА летит со скоростью  $V$  на высоте  $H$  при максимальном ускорении  $a$ .

РЛ работает в непрерывном режиме, основан на фазовом методе измерения координат, имеет угловую разрешающую способность  $\delta\theta = \frac{\Phi}{L_a}$ , где  $\Phi$  - ширина ДН квадратной ФАР со стороной  $L_a$ . Зона обзора РЛ по углу места  $0 \leq \beta \leq 30^\circ$ . Минимальная суммарная погрешность измерения скорости  $(\sigma^2 + \sigma_V^2)^{1/2} = \sigma_s$  на дальности  $R_{max}$  при наличии зоны протяженностью  $R_{oc} = R_{max}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ . Коэффициент преобразования частоты в ответчике  $K_{p.v} = 16/15$ .

Считать, что значение  $\sigma_s$  достигается при оптимизации измерителя для дальности  $R_{max}$ , потерях в трактах РЛ  $L_{p.v}$  и коэффициенте шума приемника, равном 5. Принять, что дальности действия РЛ и ответчика одинаковы и равны  $R_{max}$ , а мощность принимаемого ответчиком сигнала (с учетом потерь в ответчике) должна быть не менее  $P_{2minot}$ . Значения КПД составляют: антенны - 0,78, фидерных трактов - 0,9 и обтекателя (в одном направлении) - 0,7. Полоса пропускания УПФ перед частотным дискриминатором 0,5 кГц.

1. Составить и описать структурную схему измерителя с указанием номиналов частот всех сигналов.

2. Определить для РЛ параметры антенны; зондирующего и принимаемого сигналов; трактов формирования и обработки сигналов. Найти мощности передатчиков РЛ и ответчика.

3. Выбрать дальность  $R_0$ , для которой производится оптимизация измерителя скорости, используя оценки суммарной погрешности при  $R_0 = R_{max}$  и  $R_0 = R_{min}$ . Построить зависимость полной погрешности от  $R/R_{max}$ .

4. Разработать технические требования к основным элементам РЛ, достаточные для дальнейшего проектирования. Учесть, что в РЛ все частоты формируются с помощью когерентного генератора с частотой  $f_{k.g} = 10$  МГц, входящего в синтезатор частот. Указать допустимую относительную нестабильность частоты  $f_{k.g}$ .

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

Самолетный ДИС

Разработать ДИС - датчик системы счисления пути военного самолета, работающий на волне 2 см и обеспечивающий в крейсерском режиме полета измерение составляющей скорости  $V_x$  с флуктуационной погрешностью не более  $G_x$ , погрешностью смещения не хуже  $(V_{\text{см}}/v)_x$  и  $\sigma_z = G_x \cdot \Delta M_{zx}$ , где отношение масштабных коэффициентов  $\Delta M_{zx} = M_z / M_x$  не должно превышать заданного значения. Работоспособность ДИС должна сохраняться при полете над зоной облачности и дождя (или в этой зоне) над сушей (удельная ЭПР поверхности -20 дБ) и над морем с волнением  $> l_m$  баллов. Высота верхней кромки облачности 8 км, удельный коэффициент затухания в облаках 0,3 дБ/км. Зона дождя интенсивностью  $Q$  занимает высоты от 0 до  $H_d$ . Скорость ветра на максимальной и крейсерской высотах полета равна 100 км/ч и 50 км/ч при маловысотном полете и посадке.

Считать, что коэффициент шума приемника равен 5, а его ухудшение из-за просачивающегося сигнала передатчика  $M \leq 0,05$ . Коэффициент, характеризующий шумовую составляющую этого сигнала,  $K_{\text{п.с.}} = -140$  дБ. Принять КПД антennы 0,79, а волноводных трактов - 0,9. Коэффициент потерь в приемном тракте  $L_p$ . В многоканальных ДИС время наблюдения сигнала 10 с, в одноканальных - 0,5 с. Установочный угол лучей ДНА в вертикальной плоскости равен  $B_0$ .

1. Выбрать и обосновать число и расположение лучей антенн, число каналов ДИС и тип зондирующего сигнала. Составить и описать структурную схему ДИС с указанием номиналов частот всех сигналов.

2. Определить: а) параметры антennы, зондирующего и преобразованного сигналов, трактов обработки и формирования сигналов и выдаваемого измерителем двоично-десятичного кода скорости; б) мощность передатчика ДИС и требуемый коэффициент развязки передающего и приемного трактов; в) относительную погрешность счисления пути на участке крейсерского и маловысотного полета (в одном направлении).

3. Разработать технические требования к основным элементам ДИС, достаточные для дальнейшего проектирования. Указать допустимую относительную нестабильность несущей частоты.

## Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

КР - 241, 242, 243, 244, 245, 246

Вертолетный ДИС

Разработать ДИС - датчик аналоговой и цифровой информации о составляющих  $V_x$ ,  $V_z$  и  $V_y$  скорости вертолета с флуктуационной погрешностью  $\sigma_x = \sigma_z = \sigma_y \cdot \Delta M_{yx} \leq \sigma$ , где  $\sigma$  соответствует максимальным значениям составляющих скорости, а отношение масштабных коэффициентов  $\Delta M_{yx} = M_{V_y} / M_{V_x}$  не должно превышать заданного значения. При измерении  $V_x$  погрешность смещения должна быть не более  $(\Delta V_{cm} / V)_x$  при допустимом размере антенны, равном  $\ell_x$ . Работоспособность ДИС должна сохраняться при полете на высоте  $H_{max}$  в зоне облачности и дождя как над сушею (удельная ЭПР поверхности -20 дБ), так и над морем с волнением  $\geq \ell_m$  баллов. Высота верхней кромки облачности 8 км, удельный коэффициент затухания в облаках 0,3 или 0,9 дБ/км на волне 2 или 0,8 см соответственно. Зона дождя интенсивностью  $Q$  занимает высоты от 0 до  $H_d$ .

Считать, что коэффициент шума приемника равен 5, а его ухудшение из-за просачивающегося сигнала передатчика  $\mu \leq 0,1$ . Коэффициент, характеризующий шумовую составляющую этого сигнала,  $K_{n.c.} = -130$  дБ. Принять, что КПД антенны 0,79, а волноводных трактов - 0,8. Коэффициент потерь в приемном тракте  $L_p$ . В многоканальных ДИС время наблюдения сигнала 10 с, а в одноканальных - 0,5 с.

1. Выбрать и обосновать число и расположение лучей антенны, число каналов ДИС и тип зондирующего сигнала. Составить и описать структурную схему ДИС с указанием номиналов частот всех сигналов.

2. Определить: а) параметры антенны, зондирующего и преобразованного сигналов, трактов формирования и обработки сигналов и выдаваемого измерителем двоично-десятичного кода скорости; б) мощность передатчика ДИС и требуемый коэффициент развязки передающего и приемного трактов; в) суммарную погрешность измерения полной максимальной скорости вертолета. Построить зависимость полной погрешности от  $V / V_{max}$ .

3. Разработать технические требования к основным элементам ДИС, достаточные для дальнейшего проектирования. Указать допустимую относительную нестабильность несущей частоты.

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.
2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

КР - ЗІІ, ЗІІ, ЗІІЗ, ЗІІ, ЗІІ, ЗІІ  
Фазовый следящий радиодальномер

Разработать фазовый следящий радиодальномер (РД) системы сближения (СС) объектов, один из которых - запросчик (3), а второй - ответчик (0). Предусмотреть изменение масштабной частоты при уменьшении дальности с целью повышения точности при сохранении однозначности отсчета. Диапазон использования СС от  $R_{min}$  до  $R_{max}$ . Сближение происходит по линии визирования со скоростью  $V \leq V_{max}$  и возможном ускорении  $a \leq a_{max}$  при наличии зоны, протяженностью  $R_{oc}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ .

Запросчик имеет антенну типа квадратной ФАР со стороной  $\ell_{a,z}$  и шириной диаграммы направленности  $\Psi_3$ . Потери энергии сигнала по высокой частоте  $\zeta_{a,z}$ , а при обработке -  $\zeta_{\Sigma}$ . Коэффициент шума приемника равен 10. Требуется, чтобы суммарная погрешность  $\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma^2 + \Delta R_{d}^2)^{1/2}}$  на дальности  $R_{min}$  не превышала заданного значения. Аппаратурной погрешностью пренебречь.

Ответчик снабжен ненаправленной антенной и при мощности принимаемого сигнала (с учетом потерь) не менее  $P_{2 min}$  должен обеспечивать такую же дальность действия  $R_{max}$ , как и запросчик.

1. Составить и описать структурную схему дальномерного канала, выбрать и обосновать коэффициент преобразования частоты в ответчике.

2. Определить (для запросчика) параметры антенны; зондирующего сигнала; трактов формирования и обработки сигналов; выдаваемого РД двоичного кода дальности, а также мощность передатчиков запросчика и ответчика.

3. Выбрать дальность  $R_o$ , для которой производится оптимизация следящего РД, используя оценки  $\sigma_{\Sigma}$  при  $R_o = R_{max}$  и  $R_o = R_{min}$ . Построить зависимости  $\sigma_{\Sigma}$  от  $R / R_{max}$  для  $V = V_{max}$  и  $V = 0,5 V_{max}$  или  $a = a_{max}$  и  $a = 0,5 a_{max}$  при РД с астатизмом I или II порядка соответственно.

4. Разработать технические требования к основным элементам дальномерного канала, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Каф.401, 1995 (рукопись).

КР - 321, 322, 323, 324, 325, 326

Частотный следящий радиовысотомер

Разработать радиовысотомер (РВ) с диапазоном измеряемых высот от  $H_{min}$  до  $H_{max}$  при удельной ЭЛР отражающей поверхности не менее -20 дБ. На высоте  $H_{max}$  погрешность  $\sigma_z = (\sigma^2 + \Delta H_D^2)^{1/2}$  не должна превышать заданное значение при максимальной скорости изменения высоты  $V_{H_{max}}$ . Погрешность дискретности отсчета при использовании несимметричной линейной частотной модуляции равна  $H_{disc}$ . Эффект Доплера не учитывать. Антenna РВ с круглой апертурой диаметром  $D_a$  и шириной диаграммы направленности  $\Phi$  имеет КПД = 0,5.

Принять, что частота настройки УПФ следящей системы 25 кГц; коэффициент шума приемника 20 дБ; потери энергии сигнала в высокочастотном тракте не превышает  $L_z$ , а при обработке -  $\zeta_z$ .

1. Составить и описать структурную схему РВ с включением устройств, обеспечивающих уменьшение  $\Delta H_{disc}$ .

2. Определить параметры антенны; зондирующего и преобразованного в РВ отраженного сигналов; трактов формирования и обработки сигналов; выдаваемого РВ двоично-десятичного кода высоты, а также мощность передатчика.

3. Выбрать высоту  $H_0$ , для которой производится оптимизация следящего РВ, используя оценки  $\sigma_z$  при  $H_0 = H_{max}$  и  $H_0 = H_{min}$ . Рассчитать погрешность дискретности отсчета с учетом мер, предложенных для ее уменьшения. Построить зависимость полной погрешности РВ от  $H/H_{max}$  при  $H_0 = H_{max}$  и  $H_0 = H_{min}$ .

4. Разработать технические требования к основным элементам РВ, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: КоШ.401, 1995 (рукопись).

КР - 331, 332, 333, 334, 335, 336  
Импульсный следящий радиодальномер

Разработать следящий радиодальномер (РД) аналогового (А) или цифрового (Ц) типа, входящий в канал дальности моноимпульсного радиолокатора (РЛ) тактического самолета. Самолет движется с постоянной скоростью 2160 км/ч и предназначен для атаки на встречном курсе цели с ЭПР  $S_0$ , имеющей скорость  $V_{ц} \leq V_{ц max}$  и ускорение  $a_{ц} \leq a_{ц max}$ . Параметры РЛ: максимальная измеряемая дальность  $R_{max} = 10 R_{min}$ ; сектор и время обзора по азимуту  $\alpha_{обз}$  и  $T_{обз}$ ; разрешающая способность по дальности  $\delta R$ , а по углу  $\delta\theta = 1,5\Phi$ , где  $\Phi$  - ширина ДН круглой ФАР с диаметром  $d_a$ . Команда на пуск ракет выдается на дальности  $R_{п} = 0,5 R_{max}$ , где суммарная погрешность РЛ  $G_{Σ} = (G^2 + A R_{п}^2)^{1/2}$  не должна превышать заданного значения. Работоспособность РЛ должна сохраняться на  $R \leq R_{max}$  при наличии зоны, протяженностью  $R_{oc}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ .

Принять, что коэффициент шума приемника равен 5. Ширина полосы пропускания  $\Delta f_{упч} = 1,2/C_i$ . Доплеровский сдвиг частоты компенсируется с помощью АПЧ. Потери энергии сигнала в высокочастотном тракте  $L_{Σ} = \zeta_{Σ}$ , где  $\zeta_{Σ}$  - потери при обработке. КПД антенны 0,78.

1. Составить и описать структурные схемы РЛ и РД.

2. Определить параметры антенны; зондирующего сигнала; трактов формирования и обработки сигналов; выдаваемого РД двоично-десятичного кода дальности, а также мощность передатчика РЛ.

3. Выбрать дальность  $R_0$ , для которой производится оптимизация следящего РД, используя оценки  $G_{Σ}$  при  $R_0 = R_{max}$  и  $R_0 = R_{п}$ . Построить зависимости  $G_{Σ}$  от  $R/R_{max}$  для  $V_{ц} = V_{ц max}$  и  $V_{ц} = 0,5 V_{ц max}$  или  $a_{ц} = a_{ц max}$  и  $a_{ц} = 0,5 a_{ц max}$  при РД с астатизмом I или II порядка соответственно.

4. Разработать технические требования к основным элементам РД, достаточные для дальнейшего проектирования. Использовать временную диаграмму сигналов, принимаемых за время поиска цели по дальности.

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Каф.401, 1995 (рукопись).

КР - 341, 342, 343, 344, 345, 346

Радиодальномер с фазокодовой манипуляцией

Разработать радиодальномер (РД) аппаратуры потребителя (АП) радиосистемы ближней навигации, установленной на ЛА с максимальной скоростью  $V_{max}$ . Дальность определяется по непрерывному ФКМ сигналу, излучаемому опорной станцией (ОС), обнаружение которого возможно на расстоянии  $R_{max}^0$ . Антenna ОС - прямоугольная ФАР с размерами  $\ell_\alpha \times \ell_\beta$ , КПД, равным 0,8, и с шириной ДН в горизонтальной плоскости  $\Psi_\alpha$ . Излучаемая мощность равна  $P_{oc}$ . Модулирующий сигнал - код Хаффмана с формирующим полиномом степени  $m$ .

Диапазон измеряемых дальностей от 5 км до  $R_{max}$ . Значение  $R_{\text{изм}}$  соответствует дальности, где суммарная погрешность  $\sigma_\Sigma = (\sigma_\alpha^2 + 4R_d^2)^{1/2}$  не превышает заданного значения при потерях энергии сигнала по высокой частоте  $L_\Sigma$ , а при обработке -  $\zeta_\Sigma$ . Коэффициент шума приемника равен 10.

Считать, что эталонные генераторы ОС имеют долговременную стабильность частоты  $10^{-13}$ , доплеровский сдвиг частоты компенсируется системой АПЧ, а коэффициент запаса  $K_3 = 1$ .

1. Составить и описать структурную схему РД, включая тракт формирования опорного сигнала.

2. Определить для ОС параметры антенны и излучаемого сигнала, а для АП - параметры трактов формирования и обработки сигналов, включая требуемую стабильность частоты эталонного генератора при времени полета ЛА, равном  $T_{пл}$ , а также выдаваемого РД двоично-десятичного кода дальности. Найти дальность действия системы  $R_{max}$ .

3. Выбрать дальность  $R_o$ , для которой оптимизируется следящий РД. Используя оценки  $\sigma_\Sigma$  при  $R_o = R_{max}$  и  $R_o = 0,5 R_{max}$ . Построить зависимости  $\sigma_\Sigma$  от  $R / R_{max}$  для  $V = V_{max}$  и  $V = 0,5V_{max}$ .

4. Разработать технические требования к основным элементам РД, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1994.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Каф.401, 1995 (рукопись).

КР - 4II, 4I2, 4I3, 4I4, 4I5, 4I6

Фазовый следящий радиолокатор

Разработать угломестный канал (УМК) наземного фазового моноимпульсного радиолокатора (РЛ) дальнего обнаружения объектов с ЭПР  $S_0$ , движущихся на высоте  $H_{ц}$  над Землей с постоянной скоростью  $V_{ц}$ .

Параметры РЛ: дальность действия от  $R_{min}$ , соответствующей длительности импульса зондирующего сигнала, до  $R_{max} = R_{п.в.}$ , где  $R_{п.в.}$  - дальность прямой видимости при  $H_{ц}$ ; сектор обзора по углу места  $0 \leq \beta \leq \beta_{max}$  при разрешающей способности по углу  $\delta\beta$ . Антenna - квадратная ФАР со стороной  $\ell_a$  и КПД 0,78. При расстоянии до цели  $R_{цmin}$  погрешность измерения угла места  $\sigma_\beta = (\sigma^2 + \Delta\beta_d^2)^{1/2}$  не должна превышать заданного значения при коэффициенте шума приемника, равном 3, и потерях энергии сигнала  $L_\beta$  по высокой частоте и  $\zeta_\beta$  при обработке. Относительная аппаратурная угломерная погрешность  $\Delta\theta_a/\varphi$  где  $\varphi$  - ширина ДН, должна быть не более 0,01 при неидентичностях фазовых сдвигов в приемных трактах  $\psi$  на высокой частоте и  $\gamma$  на промежуточной частоте.

1. Составить и описать структурные схемы РЛ и УМК с цифровым устройством, вводимым для уменьшения аппаратурной погрешности  $\Delta\theta_a$ .

2. Определить параметры антенны, зондирующего сигнала, трактов формирования и обработки сигналов, устройства уменьшения  $\Delta\theta_a$  и выдаваемого УМК двоичного кода сигнала рассогласования по углу места. Рассчитать мощность передатчика РЛ. Считать, что доплеровский сдвиг частоты компенсируется с помощью АПЧ.

3. Выбрать дальность  $R_o$ , для которой оптимизируется следящая система УМК, используя оценки  $\sigma_\beta$  при  $R_o = R_{цmin}$  и  $R_o = R_{цmax}$ . Построить зависимость относительной полной погрешности  $\sigma_p / \varphi$  от  $R / R_{цmax}$  для этих вариантов.

4. Разработать технические требования к основным элементам УМК, включая передатчик, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Сосновский А.А., Тельпуховская О.Н. Моноимпульсные системы измерения угловых координат. - М.: Изд-во МАИ, 1991.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных устройств. - М.: Кафедра 401 МАИ, 1995 (рукопись).

КР - 421, 422, 423, 424, 425, 426

Фазовый суммарно-разностный радиолокатор

Разработать азимутальный канал (АК) моноимпульсного радиолокатора (РЛ) для ЛА, предназначенного для поражения целей размером  $\ell_{\text{ц}}$  с ЭПР  $S_0$ . Цель движется со скоростью  $V_{\text{ц}}$  на одной высоте с ЛА. Пуск ракет осуществляется при дальности цели  $R_{\text{п}} = 0,5 R_{\text{max}}$ .

Параметры РЛ: азимут измеряется на дальностях от  $R_{\text{min}} = 3 \text{ км}$  до  $R_{\text{max}}$ ; разрешающая способность по дальности  $\delta R$ , по азимуту  $\delta\alpha$ . Антenna - квадратная ФАР со стороной  $\ell_a$  и КПД 0,78. При расстоянии до цели  $R_{\text{п}}$  погрешность измерения азимута  $G_z = (\sigma^2 + \Delta\alpha_d^2)^{1/2}$  не должна превышать заданного значения при коэффициенте шума приемника, равном 5, и потерях энергии сигнала  $L_z$  по высокой частоте и  $\zeta_w$  при обработке. Относительная аппаратурная угломерная погрешность  $\Delta\theta_a/\varphi$ , где  $\varphi$  - ширина ДН, должна быть не более 0,003 при неидентичностях фазовых сдвигов в приемных трактах  $\Psi$  на высокой частоте и  $\gamma$  на промежуточной частоте и неидентичности коэффициентов передачи до суммарно-разностного моста, равной  $\beta_0$ . Работоспособность РЛ должна сохраняться на дальностях  $R < R_{\text{max}}$  при наличии зоны, протяженностью  $R_{\text{ос}}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ .

1. Составить и описать структурные схемы РЛ и АК с цифровым устройством, вводимым для уменьшения аппаратурной погрешности  $\Delta\theta_a$ .

2. Определить параметры антенны, зондирующего сигнала, трактов формирования и обработки сигналов, устройства уменьшения  $\Delta\theta_a$  и выдаваемого АК двоичного кода сигнала рассогласования по азимуту. Рас считать мощность передатчика РЛ. Считать, что доплеровский сдвиг частоты компенсируется с помощью АПЧ.

3. Выбрать дальность  $R_0$ , для которой оптимизируется следящая система АК, используя оценки  $G_z$  при  $R_0 = R_{\text{п}}$  и  $R_0 = R_{\text{max}}$ . Построить зависимость относительной полной погрешности  $\bar{\sigma}_n/\varphi$  от  $R/R_{\text{max}}$  для этих вариантов.

4. Разработать технические требования к основным элементам АК, включая передатчик, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Сосновский А.А., Тельпуховская О.Н. Моноимпульсные системы измерения угловых координат. - М.: Изд-во МАИ, 1991.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных устройств. - М.: Кафедра 401 МАИ, 1995 (рукопись).

КР- 431, 432, 433, 434, 435, 436.

Амплитудный суммарно-разностный радиолокатор

Разработать азимутальный канал (АК) моноимпульсного радиолокатора (РЛ) для ЛА, предназначенного для поражения целей размером  $\ell_{\text{ц}}$  с ЭПР  $S_0$ . Цель движется со скоростью  $V_{\text{ц}}$  на одной высоте с ЛА. Пуск ракет осуществляется при дальности цели  $R_p = 0,4 R_{\text{max}}$ .

Параметры РЛ: азимут измеряется на дальностях от  $R_{\text{min}} = 3 \text{ км}$  до  $R_{\text{max}}$ ; разрешающая способность по дальности  $\delta R$ , по азимуту  $\delta\alpha$ . Антenna - круглая ФАР диаметром  $d_a$  с КПД 0,78 формирует ДН по мощности  $\mathcal{G}(\theta) = \exp[-2,8(\theta/\Psi)^2]$ , где  $\Psi$  - ширина ДН. При расстоянии до цели  $R_p$  погрешность измерения азимута  $\sigma_\alpha = (\sigma^2 + \Delta\alpha_d^2)^{1/2}$  не должна превышать заданного значения при коэффициенте шума приемника, равном 5, и потерях энергии сигнала  $L_s$  по высокой частоте и  $\zeta_s$  при обработке. Относительная аппаратурная угломерная погрешность  $\Delta\theta_a/\Psi$  должна быть не более 0,002 при неидентичностях коэффициентов передачи  $g_o$  и фазовых сдвигов  $\Psi$  до суммарно-разностного моста и неидентичностях фазовых сдвигов  $\gamma$  в УПЧ. Работоспособность РЛ должна сохраняться на дальностях  $R \leq R_{\text{max}}$  при наличии зоны, протяженностью  $R_{\text{ос}}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ .

1. Составить и описать структурные схемы РЛ и АК с цифровым устройством, вводимым для уменьшения аппаратурной погрешности  $\Delta\theta_a$ .

2. Определить параметры антенны, зондирующего сигнала, трактов формирования и обработки сигналов, устройства уменьшения  $\Delta\theta_a$  и выдаваемого АК двоичного кода сигнала рассогласования по азимуту. Рассчитать мощность передатчика РЛ. Считать, что доплеровский сдвиг частоты компенсируется с помощью АПЧ.

3. Выбрать дальность  $R_o$ , для которой оптимизируется следящая система АК, используя оценки  $\sigma_\alpha$  при  $R_o = R_p$  и  $R_o = R_{\text{max}}$ . Построить зависимость относительной полной погрешности  $\sigma_n/\Psi$  от  $R/R_{\text{max}}$  для этих вариантов.

4. Разработать технические требования к основным элементам АК, включая передатчик, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Сосновский А.А., Тельпуховская О.Н. Моноимпульсные системы измерения угловых координат. - М.: Изд-во МАИ, 1991.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных устройств. - М.: Кафедра 401 МАИ, 1995 (рукопись).

КР - 441, 442, 443, 444, 445, 446

Амплитудно-амплитудный радиолокатор

Разработать азимутальный канал (АК) моноимпульсного радиолокатора (РЛ) для ЛА, предназначенного для поражения целей размером  $\zeta_{\text{ц}}$  с ЭПР  $S_0$ . Цель движется со скоростью  $V_{\text{ц}}$  на одной высоте с ЛА. Пуск ракет осуществляется при дальности цели  $R_p = R_{\text{max}} / 3$ .

Параметры РЛ: азимут измеряется на дальностях от  $R_{\text{min}} = 3$  км до  $R_{\text{max}}$ ; разрешающая способность по дальности  $\delta R$ , по азимуту  $\delta\alpha$ . Антenna - круглая ФАР диаметром  $d_a$  с КПД 0,78 формирует ДН по мощности  $f(\theta) = \{[\sin(2,78\theta/\varphi)]/(2,78\theta/\varphi)\}^2$ , где  $\varphi$  - ширина ДН. При расстоянии до цели  $R_p$  погрешность измерения азимута  $\sigma_\Sigma = (\sigma^2 + \Delta\alpha_d^2)^{1/2}$  не должна превышать заданного значения при коэффициенте шума приемника, равном 5, и потерях энергии сигнала  $\zeta_S$  по высокой частоте и  $\zeta_\Sigma$  при обработке. Относительная аппаратурная угломерная погрешность  $\Delta\theta_a/\varphi$  должна быть не более 0,002 при неидентичностях коэффициентов передачи  $G_o$  по высокой частоте и  $G_l$  по промежуточной частоте. Коэффициент передачи одного из высокочастотных трактов  $K_{oI}$ . Работоспособность РЛ должна сохраняться на дальностях  $R \leq R_{\text{max}}$  при наличии зоны, протяженностью  $R_{\text{oc}}$ , интенсивность осадков в которой  $Q$ .

1. Составить и описать структурные схемы РЛ и АК с цифровым устройством, вводимым для уменьшения аппаратурной погрешности  $\Delta\theta_a$ .

2. Определить параметры антенны, зондирующего сигнала, трактов формирования и обработки сигналов, устройства уменьшения  $\Delta\theta_a$  и выдаваемого АК двоичного кода сигнала рассогласования по азимуту. Рас считать мощность передатчика РЛ. Считать, что доплеровский сдвиг частоты компенсируется с помощью АПЧ.

3. Выбрать дальность  $R_o$ , для которой оптимизируется следящая система АК, используя оценки  $\sigma_\Sigma$  при  $R_o = R_p$  и  $R_o = R_{\text{max}}$ . Построить зависимость относительной полной погрешности  $\sigma_n/\varphi$  от  $R/R_{\text{max}}$  для этих вариантов.

4. Разработать технические требования к основным элементам АК, включая передатчик, достаточные для дальнейшего проектирования.

Рекомендуемая литература

1. Сосновский А.А., Тельпуховская О.Н. Моноимпульсные системы измерения угловых координат. - М.: Изд-во МАИ, 1991.

2. Сосновский А.А. Измерительные устройства радиолокационных и радионавигационных систем. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

3. Сосновский А.А. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных устройств. - М.: Кафедра 401 МАИ, 1995 (рукопись).