

**Цифровая система ВЧ связи по ЛЭП
МС04-PLC**

Расчет запаса по затуханию при проектировании ВЧ каналов связи
с применением аппаратуры МС04-PLC

(март 2026)

1. Расчет канала ВЧ связи аппаратуры MC04–PLC в цифровом режиме ВРС.

1.1. Исходные данные (на примере ВЛ 35 кВ Евпатория–Мойнаки).

Документы:

1. Стандарт ФСК ЕЭС СТО 56947007–33.060.40.045–2010. Руководящие указания по выбору частот ВЧ каналов (далее РУ).
2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации аппаратуры MC04–PLC KB2.131.005ТО (ред.12.3/ март 2026) (далее ТО).

Технические требования:

1. Частота ВЧ канала – 424 кГц, полоса – 4 кГц.
2. ВЛ 35 кВ длиной 14 км. Район по гололеду – второй, $\Delta a_{\text{голо}}=25$ дБ @30 км на частоте 424 кГц.
3. Объем передаваемой информации между подстанциями:
 - один подканал ТФ, диспетчерская связь, скорость кодека 6,4 кбит/с;
 - один подканал ТМ через внешний FSK модем, скорость кодека 16 кбит/с;
 - подканал сигнализации и обслуживания – 0,2 кбит/с.
4. Исполнение аппаратуры по мощности ПРД – 40 Вт и 20 Вт.

1.2. Расчет скорости цифрового потока (ЦП).

Требуемая скорость ЦП $V_{\text{цп}} = V_{\text{со}} + V_{\text{тм}} + V_{\text{тф}}$:

$$V_{\text{цп}} = V_{\text{мин}} = 0,2 \text{ кбит/с} + 16 \text{ кбит/с} + 6,4 \text{ кбит/с} = 22,6 \text{ кбит/с}.$$

Требуемое отношение сигнал/шум ОСШ=30 дБ для скорости $V_{\text{цп}} = 22,6$ кбит/с по табл. 5 ТО.

1.3. Расчет запаса по затуханию.

1.3.1. Затухание элементов ВЧ тракта по формуле 1.6 РУ:

$$a_{\text{эл}} = a_{\text{к}} + (a_{\text{зл}} + a_{\text{фп}}) + a_{\text{вч.обх}} + a_{\text{ш}} = 4,6 + 3,9 + 5,7 + 3,4 = 17,6 \text{ дБ}.$$

1.3.2. Уровень передачи – среднеквадратичная мощность по табл. 2 и табл. 3 ТО для исполнения аппаратуры по пиковой мощности ПРД 40 Вт и 20 Вт в диапазоне частот 300–700 кГц:

$$P_{\text{прд}} = P_{\text{ном.кан}} - 10,5 = 45 \text{ дБм} - 10,5 \text{ дБм} = 34,5 \text{ дБм} \text{ для пиковой мощности ПРД 40 Вт}$$

$$P_{\text{прд}} = P_{\text{ном.кан}} - 10,5 = 42 \text{ дБм} - 10,5 \text{ дБм} = 31,5 \text{ дБм} \text{ для пиковой мощности ПРД 20 Вт}.$$

1.3.3. Минимально допустимый уровень приёма сигнала определяется как:

$$P_{\text{прм.мин}} = P_{\text{ном}} + 10 \lg \Delta f + a_{\text{с/п}}$$

где $P_{\text{ном}}$ – нормируемый уровень помех в полосе 1 кГц, средний среднеквадратичный уровень с 50% вероятностью его превышения по табл. 1.6 РУ;

Δf – полоса частот, для которой определяется помеха;

$a_{\text{с/п}}$ – минимально допустимая разность уровней сигнала и помехи, отношение сигнал/шум (ОСШ).

Уровень помех:

$$P_{\text{ном}} = -45 \text{ дБм} \text{ для ВЛ35 кВ по табл. 1.6 РУ;}$$

Δf – полоса 4 кГц, занимаемая передачей/приёмом цифрового потока;

$$a_{\text{с/п}} = \text{ОСШ} = 30 \text{ дБ для скорости ЦП 22,6 кбит/с}$$

С учетом поправки +2 дБ на отличие «белого» шума от помех короны $a_{\text{с/п}} = 30 \text{ дБ} + 2 \text{ дБ} = 32 \text{ дБ}$.

$$P_{\text{прм.мин}} = P_{\text{ном}} + 10 \lg \Delta f + a_{\text{с/п}} = -45 + 10 \lg 4 + 32 = -45 + 6 + 32 = -3 \text{ дБм}.$$

Перекрываемое затухание:

$$a_{\text{пер}} = P_{\text{прд}} - P_{\text{прм.мин}} = 34,5 - (-3) = 37,5 \text{ дБ для пиковой мощности ПРД 40 Вт}.$$

$$a_{\text{пер}} = P_{\text{прд}} - P_{\text{прм.мин}} = 31,5 - (-3) = 34,5 \text{ дБ для пиковой мощности ПРД 20 Вт}.$$

1.3.4. Нормируемый запас – запас по затуханию по ГИО $a_{\text{зап. норм}} = \Delta a_{\text{гио}} f$ для ВЛ 35 кВ, 14 км:
 $a_{\text{зап. норм}} = \Delta a_{\text{гио}} f = 25 \text{ дБ} * 14 \text{ км} / 30 \text{ км} = 11,6 \text{ дБ}$. (см. п. 1.2.6.1 РУ, рис 1.30 РУ).

Затухание междуфазной волны на частоте 424 кГц для ВЛ 35 кВ, 14 км:
 $A = a(f) * L = 0,18 \text{ дБ/км} * 14 \text{ км} = 2,5 \text{ дБ}$ (рис. 1.2 РУ для типичной конструкции фазы АС70/11).

1.3.5. Расчетный запас по затуханию.

$a_{\text{зап}} = a_{\text{пер}} - (A + a_{\text{эл}}) = 37,5 - (2,5 + 17,6) = 17,4 \text{ дБ}$ для пиковой мощности ПРД 40 Вт

$a_{\text{зап}} = a_{\text{пер}} - (A + a_{\text{эл}}) = 34,5 - (2,5 + 17,6) = 14,4 \text{ дБ}$ для пиковой мощности ПРД 20 Вт

1.3.6. Результаты расчета.

Параметр	Скорость ЦП 22,6 кбит/с	
	40 Вт	20 Вт
ОСШ, дБ	32	32
Мин. уровень приема $R_{\text{прм.мин}}$, дБм	-3	-3
A, дБ	2,5	
$a_{\text{эл}}$, дБ	17,6	
$a_{\text{пер}}$, дБ	37,5	34,5
$a_{\text{зап норм}}$, дБ	11,6	11,6
$a_{\text{зап}}$, дБ	17,4	14,4

1.3.7. Выводы.

Расчетный запас по затуханию $a_{\text{зап}}$ превышает нормируемый запас $a_{\text{зап норм}} = 11,6 \text{ дБ}$ для пиковой мощности и 40 Вт и 20 Вт. Обеспечивается надежная работа ВЧ канала в условиях ГИО при минимальной мощности 20 Вт.

При отсутствии ГИО нормируемый запас ниже, определяется как $a_{\text{зап норм}} = 9 \text{ дБ}$ (рис. 2.1 РУ) и надежная работа ВЧ канала гарантируется с большим запасом.