

МЕТОДИ ЗА ПРЕДИЗКРИВЯВАНЕ И КОРЕКЦИЯ ЗА ШУМОУСТОЙЧИВА ОБРАБОТКА НА СИГНАЛИ В КОСМИЧЕСКИТЕ РАДИОЛИНИИ

Антонио Андонов, Мариана Михова, Петър Димкин

ВТУ “Т. Каблешков”
e-mail: andonov@vtu.bg; mariandimi@abv.bg; p_dimkin@abv.bg

Ключови думи: *радиокомуникационна система, шумоустойчивост, предизкривяване на сигнала*

Резюме: *Изследвани са подходи за повишаване на шумоустойчивостта на комуникационните системи чрез съгласуване на формата на предаваните сигнали и вида на модулация с канала, без допълнително увеличаване на мощността на излъчване. Използват се методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране на сигналите за шумоустойчива обработка на информацията.*

METHODS FOR PRE-DISTORTION AND NOISE CORRECTION FOR SUSTAINABLE SIGNAL PROCESSING IN SPACE RADIO CHANNELS

Antonio Andonov, Mariana Mihova, Petar Dimkin

Todor Kableshkov University of Transport
e-mail: andonov@vtu.bg; mariandimi@abv.bg; p_dimkin@abv.bg

Keywords: *radio-communication systems, noise resistance, pre-distortion and signal correction*

Abstract: *Several approaches were examined for increasing noise resistance of communication systems by coordinating the shape of the transmitted signals as well as the type of modulation channels without further increase of radiation power. In addition, methods for optimal linear pre-distortion and correction of signal noise-resistant data processing are utilized.*

1. Увод

Повишаването на шумоустойчивостта и ефективността на системите за предаване на информация заема централно място в съвременната теория и техника за предаване на информация.

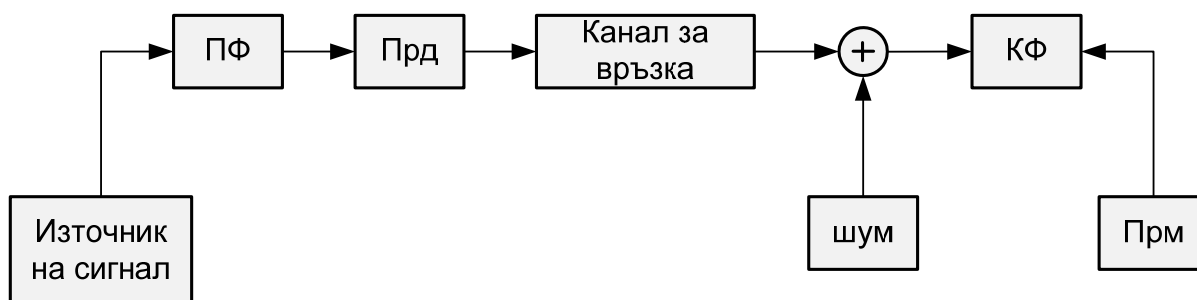
Сигналите са функция както на времето, така и на предаваното съобщение. Времето зависи от формата на предаваните сигнали, а информационната зависимост – вида на модулацията. Ако сигналите се предават по неизкривяващ канал за връзка и приемат на фона на бял шум, то качеството на приемане се определя само от вида на модулацията и не зависи от формата на предаваните сигнали.

Съвсем различна е ситуацията, ако приеманите сигнали са изкривени от корелиран шум или от канала за връзка. В този случай шумоустойчивостта при приемане зависи не само от вида на модулацията, но и от формата на предаваните сигнали. Както формата на сигналите, така и вида на модулацията могат да бъдат оптимизирани, т.е. да се съгласуват с дадения канал за връзка. Изследването на подходи за повишаване на шумоустойчивостта на комуникационните системи чрез съгласуване на формата на предаваните сигнали и вида на модулация с канала, без допълнително увеличаване на мощността на излъчване е от изключителна актуалност.

2. Постановка на проблема

Синтезът на радиокommunikационна система се изразява в определянето на оптимална по определен критерий структура на системата, при зададени характеристики на условията на работа, външните въздействия и ограничения [1]. Най-важният етап на оптимизацията на повечето радиосистеми е синтезът на оптимални сигнали и устройства за тяхната обработка (филтри). Методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране на сигналите се използва за шумоустойчива обработка на информацията едновременно на предаващия и приемащия тракт на системата. Същността на предизкривяването и корелацията се състои в такива линейни операции над полезния сигнал и смущението, при които при неизменяща се средна мощност на сигнала на входа на канала е възможно да се увеличи отношението сигнал/шум на входа на приемника. Функционалната схема на радиосистемата с предизкривяване и корекция е дадена на фиг. 1.

В теория на информацията кодирането, позволяващо да се предава информация със скорост, равна на пропускателната способност на канала, се нарича „идеално“ или кодиране по Шенон [2]. Обикновено за целите на „идеално“ кодиране се използват нелинейни кодиращи филтри на предавателната част [3]. За разлика от „идеалното“ кодиране предизкривяването и корекцията се осъществяват от линейни филтри, включени в предавателната и приемната част на радиосистемата. Коригиращият филтър играе роля на съгласуван (оптимален) филтър.



Фиг. 1

Енергийният спектър на предаваните сигнали във всеки конкретен случай имат напълно определен характер. В разглеждания случай ролята на линейно кодиращо устройство изпълнява предизкривяващия филтър (ПФ). При въвеждането на предизкривявания на сигнала в предаващата част на системата, енергийният спектър на входа на приемника ще бъде изкривен в съответствие със закона на предизкривяване. За възстановяване формата на сигнала на входа на приемника се включва т.н. коригиращ филтър (КФ), който изпълнява ролята на декодиращо устройство. В общ случай честотните характеристики на двата филтъра могат да не бъдат взаимно обратни.

Използването на подобен подход за шумоустойчива обработка на информацията може да бъде особено перспективен, защото позволява да се постигне скорост на предаване на информацията максимално близка до пропускателната способност на даден канал, защото принципно би било възможно оптималното линейно предизкривяване и коригиране да бъде близо до т.н. „идеално“ кодиране.

3. Оценка на ефективността на методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране.

Да означим с $S(f)$ спектралната плътност на предавания сигнал, а с $N(f)$ спектралната плътност на адитивния шум в канала. Нека амплитудно-честотните характеристики на предизкривяващия и коригиращия филтри са съответно: $K_1(f)$ и $K_2(f)$. Да въведем следните означения: P_c / P_u – отношение сигнал/шум при липса на предизкривяване и корекция; P_{oc} / P_{ou} – отношение сигнал/шум при наличие на предизкривяване и корекция на входа на приемното устройство.

В общ случай предизкривяващият и коригиращият филтър внасят затихване, особено ако са изпълнени във вида на пасивни четириполюсници. В съответствие с това може да се запише:

$$K_1(f) K_2(f) = k > 0$$

Ефективността на използването на предизкривяване и корекция ще се оцени чрез коефициента G , показващ колко пъти отношението сигнал/шум на входа на приемника е по-голямо отколкото при тяхната липса, т.е. при $K_1(f) K_2(f) = 1$:

$$G = \frac{P_{oc} / P_{ou}}{P_c / P_u} = \frac{P_{oc} P_u}{P_c P_u}$$

Или

$$(1) \quad G = \frac{\int_{f_1}^{f_2} s(t) |K_1(f)|^2 |K_2(f)|^2 df}{\int_{f_1}^{f_2} s(t) df \int_{f_1}^{f_2} N(f) |K_2(f)|^2 df},$$

където f_1 и f_2 са граничните честоти на ефективната лента на пропускане на системата.

За правилна оценка на ефективността от използването на предизкривяване и коригиране е необходимо да се изпълни условието за фиксиране на средна мощност на входа на канала (фиг.1):

$$(2) \quad \int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df = p_{cp} = const$$

За изпълнение на това условие е необходимо за компенсиране на затихването на сигнала в предизкривяващия филтър да се включи допълнителен усилвател в предавателния тракт на системата. Този усилвател трябва да компенсира намаляването на средната мощност на сигнала в предизкривяващия филтър. Неговият коефициент на усилване съответно е равен на:

$$(k_0)^2 = \frac{\int_{f_1}^{f_2} S(f) df}{\int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df}$$

След умножението на числителя от формулата за коефициента G с $(k_0)^2$ и отчитане на условията от формула (2), окончателно се получава :

$$(3) \quad G = \frac{\int_{f_1}^{f_2} S(f) df \int_{f_1}^{f_2} N(f) df}{\int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df \int_{f_1}^{f_2} \frac{N(f)}{|K_1(f)|^2} df}$$

Формула (3) показва колко пъти е възможно да се намали средната мощност на смущенията на входа на приемника при фиксирана средна мощност на полезния сигнал на входа на канала или колко пъти е възможно да се намали средната мощност на полезния сигнал на входа на канала при неизменна шумоустойчивост, т.е. при постоянна средна мощност на смущенията на входа на приемника. Тази формула е удобно да се ползва при изчисляване на ефективността от използване на предизкривяване и корекция в случай на известни смущения и при известен закон на предизкривяване, определен от амплитудно-честотната характеристика на предизкривяващия филтър $K_1(f)$.

4. Заключение

Разглежданият подход за синтез на радиокommunikационни системи за предаване на информация дава възможност за търсене на решения на комплексната задача за оптимизация на формата на сигнала при предаване съвместно с оптимална филтрация при приемане. Съчетан с възможностите на адаптивно предизкривяване и корекция относно изменящата се активност на канала би позволило определянето на гарантираните нива на работоспособност на системата в различни ситуации, включително и при въздействие на преднамерени смущения, което е от изключителна актуалност при предаване на информация с осигурителна отговорност.

Литература:

1. В и т е р б и, А. Д., Дж. О м у р а. Принципы цифровой связи и кодирования, М., Радио и связь, 1987.
2. В о з е н к р а ф т, Дж. Теоретические основы техники связи, М., 1979.
3. С к л я р, Б. Цифровая связь, М., 2003.