

# Оптимизация расчетного алгоритма работы для автоматических согласующих устройств коротковолнового диапазона

Ковалевич Д. А., Листопад Н. И., Батура М.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6, 220013, Республика Беларусь

**Аннотация:** В данной работе анализируются недостатки, присущие расчетному алгоритму автоматического согласования выходных каскадов передатчика с антенной, и предлагается способ его оптимизации.

## 1. Введение

При всей простоте расчета согласующих элементов, используя, например, способ, описанный в [1], качество согласования при экспериментальной проверке не всегда соответствует ожидаемому. Одной из причин этого несоответствия является наличие активных потерь в согласующих элементах. Причем основной вклад в эти потери вносят катушки индуктивности, добротность которых не превышает 300 при использовании сердечников из карбонильного железа [3], в то время как добротность серийно выпускаемых конденсаторов превосходит значение в несколько тысяч [7]. Наибольшие ухудшения качества согласования наблюдаются в случае низкого активного сопротивления антенны или ее высокой добротности. Такое поведение входного сопротивления в нижней части рабочего диапазона частот характерно для всех электрически коротких антенн (штыри, штыревые и дипольные АЗИ), которые используются в мобильных устройствах [2]. Предложенный в [1] способ учета активных потерь требует решения трансцендентного уравнения численными методами, что значительно повышает сложность расчетов и требования к вычислительной платформе.

## 2. Теория

Для согласования в нижней части коротковолнового диапазона с электрически короткими антеннами используется Г-звено с конденсатором включенным параллельно источнику и дросселем последовательно с антенной (рисунк 1).

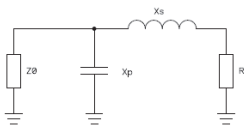


Рис. 1. Схема согласующего звена

Существует альтернативный описанному в [1] способ расчета номиналов согласующих элементов [4,5,6] для этого звена. Он позволяет согласовать два произвольных активных сопротивления при помощи вычисления добротности двух комплексно сопряженных сопротивлений, которые образуются за счет последовательного соединения реактивного элемента одного знака с меньшим активным сопротивлением, и параллельного соединения реактивного элемента противоположного знака – с большим. Для случая электрически короткой антенны в нижней части коротковолнового диапазона расчетные формулы примут вид:

$$Q_N = \sqrt{\frac{R_0}{R_a} - 1} \quad (1)$$

$$X_S = Q_N \cdot R_a \quad (2)$$

$$X_P = R_0 / Q_N \quad (3)$$

Если сопротивление антенны комплексное – возможны два варианта: включение реактивности антенны в согласующую цепь (комплексное сопротивление антенны расположено между точками В и С на рисунке 2) либо её компенсация комплексно сопряженной (комплексное сопротивление антенны расположено между точками А и В):

$$X_{res} = -X_a \quad (4)$$

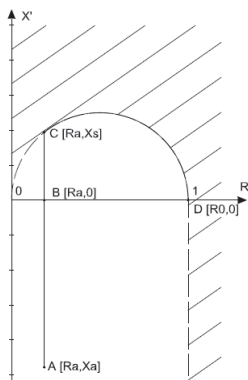


Рис. 2. Траектория изменения сопротивления

Используя этот подход, еще до расчета номиналов согласующего звена можно определить номинал компенсирующей катушки индуктивности и учесть потери в ней:

$$R_{res} = X_{res}/Q \quad (5)$$

$$R_{tot} = R_a + R_{res} \quad (6)$$

$$Q_N = \sqrt{\frac{R_0}{R_{tot}} - 1} \quad (7)$$

Случай, при котором антенна обладает только активным сопротивлением, равно как и случай включения реактивности антенны в согласующую цепь, не требует корректировки значения активного сопротивления, так как потери в согласующих элементах в этом случае пренебрежимо малы. Стоит отметить, что и обратное Г-звено практически не подвержено влиянию этих потерь, так как катушка индуктивности включена последовательно с относительно высоким сопротивлением источника.

### 3. Заключение

Предложен простой способ, позволяющий учесть активные потери в катушках индуктивности при расчете согласующей цепи и как следствие повысить качество согласования расчетного алгоритма работы для автоматических согласующих устройств коротковолнового диапазона.

#### Список литературы

1. Бабков В.Ю., Муравьев Ю.К. Основы построения устройств согласования антенн. ВАС: 1980.
2. Н.И. Листопад, Д.А. Ковалевич. Оптимизация параметров мобильных антенн ВЧ диапазона // Доклады БГУИР №6 (116), Минск: 2018. С. 73-79.
3. Q curves for iron powder cores. A design and application supplement to Micrometals RF catalog. Issue G. Micrometals Inc.: 1997.
4. Grebennikov A. RF and microwave power amplifier design. New York: 2004.
5. Gilmore R., Besser L. Practical RF circuit design for modern wireless systems. Volume 1. Passive circuits and systems. Norwood: 2003
6. Bowick C. RF Circuit Design. London: 1997.
7. ATC100E series porcelain high RF power multilayer capacitors. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://atceramics.com/userFiles/uploads/pdfs/100e.pdf> (дата обращения: 10.01.2020)