

第5章 小信号回路や送受信システムの不良原因と対策の実際

高周波回路のトラブル対策

青木 勝/濱田 倫一/市川 裕一
Masaru Aoki/Tomokazu Hamada/Yuichi Ichikawa

小信号高周波回路の故障解析手順



■ ロジカルな故障解析が求められる

● 部品やモジュールの交換は一般的だが…

トラブルが生じたら、故障していそうな部品を新品や正常に動作するモジュールと交換して修理することが、製造現場に限らず開発現場でも一般的に行われていると思います。

しかし、このような手法が通用するのは比較的簡単なシステムまでです。PLLシンセサイザ、AGC、AFCのようなフィードバックがかかったシステムだったり、複数のモジュールが有機的に結合しているような複雑なシステムでは、ロジカルな考えで故障解析をしないと、ゴールに到達できなくなります。

● 一般的な手順

高周波回路に限らず、一般的な故障解析は、次のような手順でしょう。

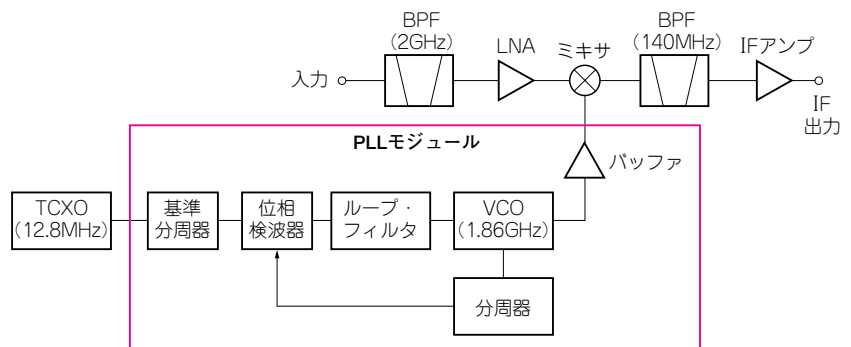
(1) 症状の解析

- (2) 回路を機能別に分離
- (3) 測定器の選択
- (4) 置き換えにより問題をなくす
- (5) 測定してデータを取る
- (6) 仕様を満足しているか再確認

まず最初に、回路を理解するところから始まります。仕様書に記載されている規格値の意味を理解する必要があります。回路が十分理解できていれば、頭の中でシミュレーションを行い、アンプのゲインが低下した場合にどのような症状が出るか、このコンデンサにクラックが入って容量が抜けるとどんな現象が起こるのかなど、さまざまな状態を想定して起こりうる結果を予測することが故障解析にとっても役立ちます。

手順を説明するには実例を上げて説明したほうが理解しやすいと思います。そこで、図5-1に示す2GHz帯のダウン・コンバータを例にとり、故障解析手順について順を追って説明しましょう。

〈図5-1〉 入力2GHz、IF140MHzのダウン・コンバータのブロック図



Keywords

PLLシンセサイザ、スペクトラム・アナライザ、ネットワーク・アナライザ、標準信号発生器、SSG、インピーダンス・マッチング、大電力増幅回路、HPA、パラスチック発振、ローカル・オシレータ、LO、通倍回路、アイトラ、ベースバンド、低雑音増幅回路、LNA、ミスマッチ、S21、S22、VSWR、電圧定在波比。

① 症状の解析

「ダウン・コンバータの変換ゲインが数時間の連続通電後に低下する」という想定で手順を説明します。最初にブレイン・ストーミングの要領で、ゲイン低下を生じさせる可能性のあるものを思いっただけ洗い出します。例えば、

- BPFの中心周波数のずれ
- MMICのゲインの変化
- ミキサのローカル信号レベルの低下
- IFアンプのゲイン低下

などです。全部出し終えたところで可能性の高そうなものから検討を始めます。ただし、簡単に結果のわかる項目は、可能性が低くても最初にチェックしておいて良いでしょう。この優先順位のつけ方が悪いと、貴重な時間を浪費しかねません。

② 回路を機能別に分離する

● モジュール単位で分割する

次にダウン・コンバータの回路を機能別に分離します。分割する回路サイズは、あまり大きすぎず、入出力が明確に分離できることが望まれます。モジュール構造になっていれば、モジュール単位で分割すると良いでしょう。

● 測定や調整がしやすいように設計しておく

設計段階でモジュール化する主な目的は、機能の分離とシールドですが、**測定の容易さや調整のしやすさも同時に考慮しておく**と**トラブル対策時に好都合**です。

モジュールの入出力インピーダンスは50Ωとし、コネクタで接続します。コネクタが使えない場合は、**写真5-1**のようにジャンパ線で接続しておき、分離できる構造にしておく

と測定が容易になります。モジュール内部も、パターン・カットしなくとも測定器に接続できるように0Ω抵抗やGND用のパッドをあらかじめ設けて、同軸ケーブルを接続できるようにしておきます。

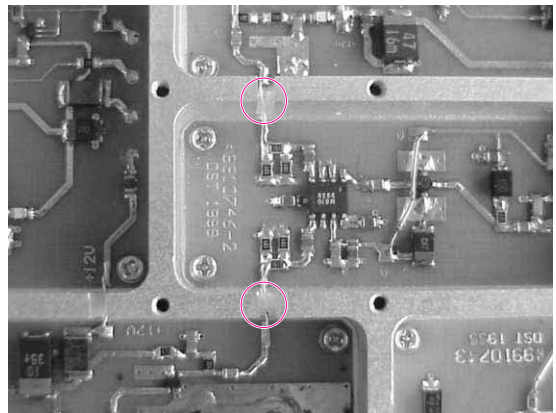
● 設計段階で接続点の値などを記録し保存しておく

また設計段階で、これらの**回路やモジュールの接続点での値などを測定し、整理して残しておく**と、トラブル対策時に非常に役立ちます。

● どのモジュールに起因するかを特定する

変換ゲインが連続通電で低下する症状は、先に上げた原因がどの機能ブロックまたはモジュールに起因しているか分類します。ゲイン変動やレベル変動を起こしている所を探し、問題を生じている機能ブロックを特定します。

機能ブロックが特定できたら、関連するモジュールやその回路をさらに分離して、最終的に問題のある箇所を限定します。



＜写真5-1＞モジュール内の回路をジャンパで接続した例(○印がジャンパ)

簡単に回路を特定できればよいのですが、正確な測定をしないと問題を分離できないこともあります。その場合は、適切な測定器を選んでデータを取得し、判断することになります。

③ 測定器の選択

● 必須の測定器

高周波回路のトラブルシュートには、少なくとも下記の測定器を用意します。

- スペクトラム・アナライザ(通称「スペアナ」)
- ネットワーク・アナライザ(通称「ネットアナ」)
- 標準信号発生器(SSG, できれば2台)
- オシロスコープ
- 周波数カウンタ
- マルチメータ

測定器を使いこなすようになるには、ある程度の訓練が必要です。マニュアルなどをよく読んで測定器の正しい使い方を習得しておきましょう。誤った測定方法で取得したデータをもとに故障解析を行うと、真に不具合を生じている場所にたどり着くのに遠廻りをすることになりかねません。

これら測定器の中でスペクトラム・アナライザは、万能で有用な測定器です。特に周波数変換やPLLを解析するときに、高調波や周波数の違う複数の信号が存在するミキサなどのレベルの測定では、必要不可欠な測定器です。また、ダイナミック・レンジも広いので、微かなスプリアス信号も観測できます。

● 常にインピーダンスを考慮せよ

高周波の測定で**常に考慮しないといけないのは、インピーダンス・マッチング**です。高周波測定器の多くは入力インピーダンス50Ωです。回路の信号レベルを観測したいからといって、**そのまま50Ωの測定器を接続したのでは被測定回路のインピーダンスが乱れて動作に影響を与えます。**