

Study on the head amplifier of the converter module

Y.Honda

2005/8/25

概要

The head amplifier in the converter module consists of a two stage amplifier. We checked if the two amplifiers interfere each other resulting in excessive noise than the specification. One of the amplifiers in the head amplifier box was omitted and it was compared with the original setup. The difference in the input equivalent noise can be understood by the reflection and attenuation in the input. There seems to be no excessive noise resulting from the interference of the two amplifiers.

1 はじめに

1.1 目的

空洞 BPM の検出回路の S/N は、初段のアンプで決まっている。以前の測定の結果、初段アンプのノイズが予定より大きいのではないかという疑いがある。この初段アンプは箱を開けると、図1のように2段構成になっている。2段になっていることによって、ノイズが増えている可能性はないか確かめる。

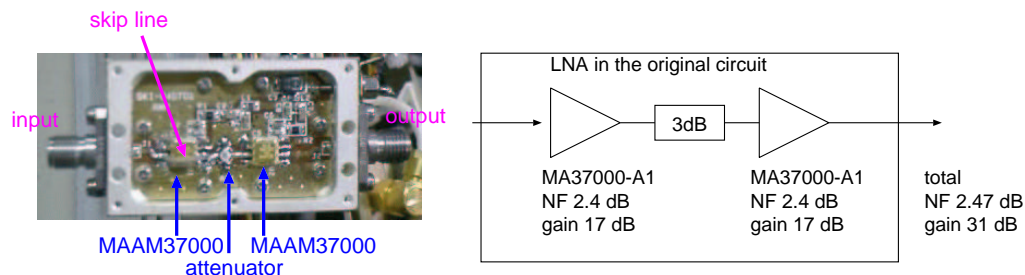


図 1: 初段アンプの構成

1.2 セットアップ

現状のアンプに手を加えて、図2に示すように変更し、3パターンの構成を比較した。(a) 現状のままの2段構成アンプ、(b) 1段目を取り外し導線でスキップした1段アンプ、(c) 2段目を取り外し導線でスキップした1段アンプ、の3パターンである。

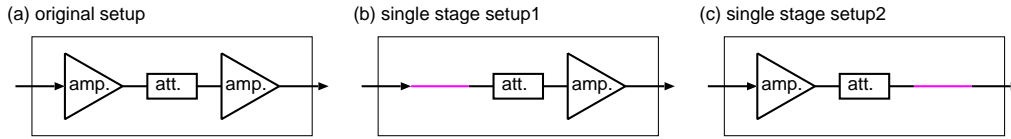


図 2: アンプ内部の変更

2 入力換算雑音の測定

2.1 目的

3 パターンのアンプに対して、雑音の絶対量を測定する。

2.2 測定

セットアップを図3に示す。6.544 GHz (cw) の外部発振器を用いて、疑似信号を入力した。reference 空洞の疑似信号として 6.544 GHz (cw) を同様に別の発振器をもちいて入力した。converter モジュールの入力コネクタから初段アンプの入力までには、セミリジッドケーブルと limiter と可変アテネータ (ここでは-70dB に設定) がある。この間の減衰は全体で-71.6 dB と分かっている。

疑似信号のパワーを変えて行き、detector の出力の信号を測定する。疑似信号の大きさは毎回スペアナで測定し、アンプの入力でのレベルに換算する。信号が雑音にたいして有意に大きいときには、最終出力に reference と signal の差の周波数 (1MHz) の信号が見えるはずである。信号が弱くなって行くと、雑音と区別がつかなくなっていく。ここでは、detector の出力をオシロスコープで測定し、電圧の揺らぎの rms を測定した。

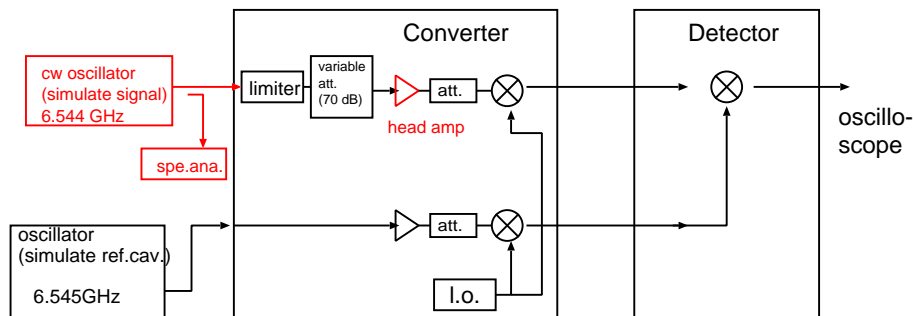


図 3: 測定のセットアップ。疑似信号の発振器のパワーを変えて行き、最終の出力の大きさを測定する。

(a) 現状のままの 2 段構成の場合の結果を図 4 に示す。横軸はアンプの入力地点に換算した信号のパワー、縦軸が最終出力のふらつきの rms である。入力信号が雑音に対して十分大きい時は、データ点が青で描かれた直線上に並んでいる。一方、信号が雑音に埋もれて来ると、青線から外れてきて緑線 (信号が無いとき、雑音レベル) より下には下らない。青線と緑線の交点が S/N が 1 の場合であるから、このときの入力信号を入力換算雑音レベルとする。現状の場合、-101.0 dBm と測定された。

同様に、(b) 1 段めをスキップした場合、(c) 2 段目をスキップした場合についての結果を図 5、6 に示す。detector の入力を終端して測定したノイズが 1.03 mV (rms) であったことから、この寄与を 2 乗で引き算してノイズレベルを評価しなおしたものを紫線で示した。((a) の場合はこの影響は無視できる。) 青線と紫線の交点での入力信号を入力換算雑音レベルとする。(b) の場合 96.7 dB、(c)

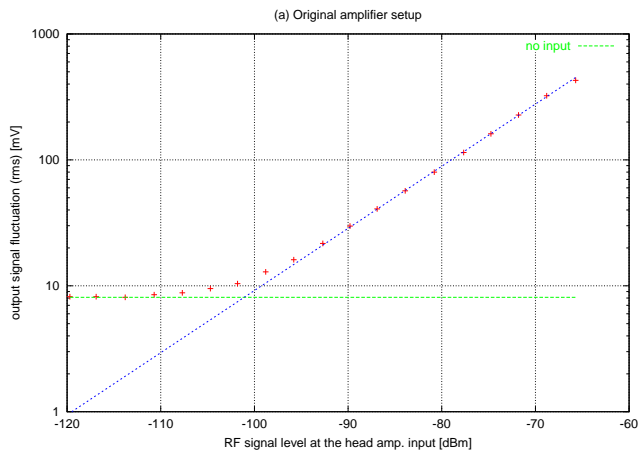


図 4: (a) 現状のままの場合。

の場合-101 dBm と求まった。

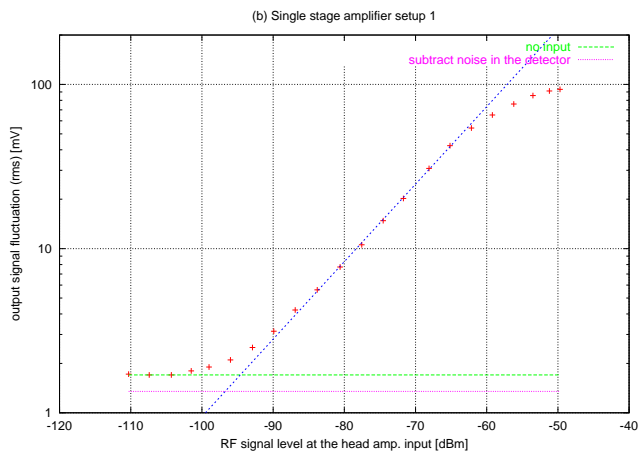


図 5: (b) 1 段めをスキップした場合。

3 ゲインの測定

3 パターンの初段アンプのゲインを比較した。converter モジュールに組み込んだ状態で、モジュール全体のゲインを図 7 のセットアップで測定した。表 1 に結果をまとめる。スペックによるとアンプ一つのゲインは 17 dB である。(b) と (c) は同じになるべきであるが 2.2 dB の違いを生じている。これは、アテネータあるいはスキップした導線で反射を生じているためと考えられる。(a) と (c) の差が -17 dB よりやや大きいのもスキップした導線での反射のためと推測する。

4 反射の測定

図 8 のセットアップでアンプの入力での反射を測定した。J2 端子をオープンにしたときを基準として、(a),(b),(c) のアンプの各場合での反射パワーを測定した。表 2 にまとめるように、(b) の場合に反射が大きく、アテネータが完全にマッチしていないことが分かる。反射される分をロスとして、

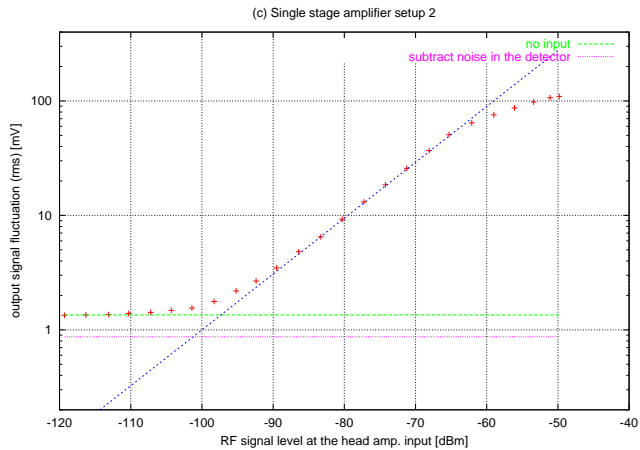


図 6: (c) 2 段目をスキップした場合。

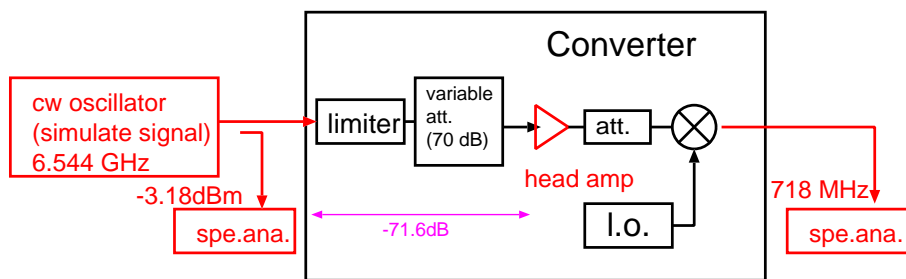


図 7: ゲイン測定の設定アップ。

表 1: ゲイン測定の結果

setup	total gain (with 70 dB att.)	head amp gain	relative gain wrt (a)
a	-52.3 dB	19.3 dB	0 dB
b	-72.8 dB	-1.2 dB	-20.5 dB
c	-70.6 dB	1.0 dB	-18.3 dB

透過率を計算した結果を右の列に示す。(b) の場合は、反射による損失で -3.71 dB になっている。

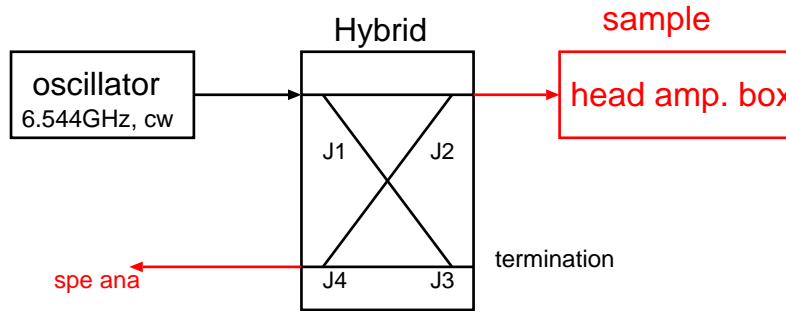


図 8: 反射測定のセットアップ。

表 2: 反射測定の結果

setup	reflected power (dBm)	reflection (dB)	calculated transmission (dB)
open	-13.60	0.0	
terminate	-45.0	-31.4	
a	-21.95	-8.35	-0.69
b	-16.01	-2.41	-3.71
c	-21.80	-8.20	-0.71

5 考察と結論

入力換算雑音の測定結果は、(a)-101.0 dBm,(b)-96.7 dBm, (c)-101.0 dBm。(b) は最初にアテネータ (スペックでは -3 dB) から始まっている。また、反射測定の結果、(b) は (a)(c) に対して入力損失が 3 dB 大きい。(b) はアンプの入力までに全体で 6dB 損して比較されている。) これを考慮すると、3 パターンのセットアップで差は 1.7 dB 以内 (30%以内)。特に (a) と (c) では、ゲインがスペック値より 1.3 dB 小さい以外は差は見られない。今回、比較するときに、各パターン違うアンプを使っていること、converter のチャンネルも違うこと (mixer や、limiter、アテネータなども別々) などを考えると、数 dB 程度の差は有意ではないと思われる。

2 段構成の初段アンプを内部のアンプのうち一つをスキップすることによって 1 段アンプに変更してみたが、入力換算雑音には有意な変化は見られなかった。2 段構成であることによって雑音が増えているわけではないと思われる。