

DL2 RSX

Parallelschaltungen

1. Antennen

Werden mehrere Antennen zu Gruppen zusammengeschaltet dann beeinflussen Betrag und Phase der Speisung der Einzelantennen die Kenndaten der gesamten Gruppe. Die Antennen können in der E-Ebene oder der H-Ebene oder gleichzeitig in beiden gestockt werden. Die räumliche Anordnung der Antennen ergibt dann ebenfalls Phasenunterschiede der abgestrahlten Wellenfronten in beiden Strahlungsebenen, die ein „Richtdiagramm“ der gesamten Antennengruppe ergeben.

1.1 Kreuzyagis

1.1.1 linearpolarisiert

Egal ob in X-oder +-Aufbau ergibt sich bei Parallelschaltung zweier strahlungsentkoppelter Antennenebenen bei Phasen- und Amplitudengleichheit eine Linearpolarisation von 45° bezogen auf jede der beiden Ebenen. Die sich ergebende Polarisationssebene ist die Diagonale in einem Quadrat dessen Seiten durch die Beträge in den beiden Polarisationssebenen der Einzelantennen gebildet werden.

Die Diagonale und damit die **Spannung** sind um $\sqrt{2}$ größer als die Einzelspannungen der Ebenen. Die **Leistung** wird doppelt so groß (3 dB). Durch die Parallelschaltung von zwei entkoppelten Antennen (unterschiedliche Polarisierungen) muss man aber 3 dB vom Antennengewinn abziehen und es ergibt sich nur wieder ein Gewinn wie sie einer Einzelantenne entspricht (s. Antennenphilosophie)

Bei unterschiedlichen Speisespannungen oder bei zwei Antennen mit unterschiedlichem Antennengewinn wird aus dem Quadrat ein Rechteck und die Diagonale beträgt nicht mehr das 1.41-fache der längeren Seite. Der **Leistungszuwachs** ist nicht mehr 3 dB sondern weniger. Durch die Parallelschaltung muss man aber 3 dB abziehen, sodass ein geringerer Gesamtgewinn heraus kommt als der nur einer Ebene allein.

Bei einer Kreuzyagi mit Antennen, deren eine 10 dB Gewinn aufweist (linear 10-fach) und die andere 0 dB (linear 1-fach, z.B. getreckter Dipol) beträgt eine Seite des Rechtecks nur 10% der anderen und die Diagonale ist nahezu gleich wie die der längeren Seite. Das ergibt **keinen deutlichen Gewinnzuwachs**, aber einen Abzug von 3 dB wegen der Parallelschaltung. Hinzu kommt, dass sich die resultierende Polarisationssebene (Diagonale) und damit die Linearpolarisation nur um 5.7° bezogen auf die längere Seite gedreht haben.

1.1.2 zirkularpolarisiert

Unterschiedliche Spannungen an beiden um 90° phasenverschoben gespeisten Ebenen erzeugen eine mehr oder weniger große elliptische Verformung der Zirkularpolarisation deren Achsen in Richtung der Antennenebenen orientiert sind (linear 45° dazu).

Der Idealfall einer Zirkularpolarisation ist nur Theorie. Praktisch gibt es die ideale Zirkularpolarisation nicht.

Bei gleicher Amplitude aber unterschiedlicher Phase an beiden Antennen kann auch eine Ellipse entstehen, aber mit der Achsenausrichtung von 45° zu den Antennenebenen (Lissajousfiguren).

1.2 Antennengruppen

Wenn nicht besondere Gründe dafür sprechen (spezielle Ausleuchtungsdiagramme) sollten alle Antennen einer Gruppe den gleichen Antennengewinn haben und gleichphasig und mit gleicher Amplitude gespeist werden.

Es gelten die gleichen Bedingungen wie bei Kreuzyagis. Der Extremfall:

Beispiel 1

Zwei Antennen, **Lineargewinn** einer Antenne=0 bedeutet, dass man anstatt einer Antenne eine „50 Ohm-Dummyload“ installiert hat. Keine Gewinnerhöhung aber Abzug von 3 dB. Im Sendebetrieb bleibt die Hälfte (3 dB) der Leistung im Dummy.

Je mehr Antennen zu einer Gruppe zusammen geschaltet werden (TV-Flächenantennen, Flächen-Radarantennen) umso weniger auffällig wird der Ausfall einer Antenne („Prinzip der verdünnten Fläche“).

Beispiel 2

Zwei Antennen, Eine Antenne 0 dB= linear 1. Die Zweite 10 dB= linear 10.

Parallelschaltung. **Linearer Gewinn** = 11. Das entspricht 10.41 dB. Davon -3 dB= 7.41, also 2.59 dB weniger als die 10 dB der größeren allein ohne Parallelschaltung.

2. Empfangsantennen mit einem zentralen Vorverstärker, als Einzelantenne oder Antennengruppe

2.1 Rauschen

Am Antennenausgang entsteht ein Signal, das beeinflusst wird:

- von der Feldstärke des einfallenden Signals
- vom eigenen Antennenrauschen (Elektronenbewegung in den Leitern)
- vom galaktischen Hintergrundrauschen (ca. 2.7° K) bis Sonnenrauschen (ca. 6000° K)
- vom thermischen Rauschen Umfeldrauschen der Antennenstandort-Umgebung

Das einfallende Signal kann sehr klein sein und muss zur Auswertung der Informationen verstärkt werden. Alles was nach dem Antennenausgang an Dämpfungen entsteht (Kabel, Teiler) muss vom Antennengewinn abgezogen werden. Ein dem Antennensignal unmittelbar nach geschalteter Verstärker hat die Aufgabe diese Verluste zu minimieren. Man wird ihn daher möglichst nah am zentralen Speisepunkt einer Antenne oder einer Antennengruppe anordnen.

Der ursprüngliche durch die obigen Bedingungen gegebene Signal-Rauschabstand am Ausgang einer Antenne kann durch die Eigenschaften eines nach geschalteten Verstärkers nicht verbessert werden.

Jeder elektronische Verstärker stellt auch eine Rauschquelle dar, da Ströme darin fließen. Je nach Qualität des Verstärkers (Eigenrauschzahl) erscheint an dessen Ausgang nicht nur das verstärkte Signal der Antenne, sondern es addiert sich ein Rauschanteil, den der Verstärker selbst erzeugt und verstärkt. Das ursprüngliche Signal/Rausch-Verhältnis wird am Verstärkerausgang zusätzlich überlagert und erhöht durch den Eigenrauschanteil des Verstärkers. Die **Rauschleistung** des Verstärkers addiert sich zum verstärkten Nutzsignal.

Ein einfallendes Signal von 0 dB=1 und die Addition einer Verstärker-Eigenrauschleistung der gleichen Größe ergeben eine Signalspannungs-Anhebung von 3 dB (Prinzip der Messung der Eigenrauschzahl).

3. Empfangsantennen mit jeweils eigenem Vorverstärker als Gruppe geschaltet

Auch bei einer Parallelschaltung der Ausgangsleistungen von Verstärkern (Röhren-, Halbleiter- oder parametrische- Verstärker und Maser) addieren sich diese bei gleicher Phase und Laufzeit der Signale in den Verstärkern.

So genannte „Ketten- oder Additionsverstärker“ wurden früher für die breitbandige (5 MHz) Amplitudenmodulation der TV-Sender (später mit ZF-Modulation) so aufgebaut und auch für Oszillografenverstärker mit großer Frequenzbandbreite, weil es an geeigneten Bauelementen fehlte.

Ordnet man in einer Antennengruppe jeder Antenne einen eigenen Verstärker zu und verbindet deren Ausgänge miteinander so addieren sich die Ausgangsleistungen wie bei Antennen ohne Verstärker auch. Deren Rauschleistungen addieren sich ebenfalls sodass das Signal/Rauschverhältnis bei angehobenen Antennensignalen gleich bleibt.

3.1 Beispiele parallel geschaltete Verstärker mit unterschiedlicher Verstärkung.

Voraussetzungen:

3.1.1 Phasengang beider Verstärker gleich

3.1.2 Am Eingang eines jeden Verstärkers liegt ein Leistungs-Signal gleicher Größe und Phase

3.1.3 Den anliegenden Verstärker-Eingangssignalen sind keine Rauschleistungen überlagert (Idealfall)

3.1.4 Die Leistungs-Verstärkung eines der beiden Verstärker kann linear zwischen 10% und 100% geregelt werden.

3.1.4 Die Verstärker verstärken ihre Eigenrausch-Leistungsanteile linear mit ihrer eigenen Verstärkung

3.1.5 Die Signale sind normiert. S= signal, N= noise

3.1.6 Es gilt die **Rauschformel für den Signal/Rauschabstand: $(S+N)/N$**

3.2 Ein Verstärker mit Verstärkung V= 10 und Eigenrauschen 1 Eingangssignal= 10

$$(S+N)/N = (100+10)/10 = 11/1$$

$$S_{ges} = 110; \text{ Rauschanteil } 1/11 = 9.09\%$$

3.2 Zwei Verstärker mit Eigenrauschen 1 und V1=V2= 10, parallel geschaltet. Eingangssignal= 10

Die Leistungen S und N verdoppeln sich

$$(S+N)/N = (200+20)/20 = 220/20 = 11;$$

$$S_{ges} = 220; \text{ Rauschanteil} = 20/220 = 1/11 = 9.09\%$$

3.3 **Zwei Verstärker mit Eigenrauschen 1 und $V_1=10$ und $V_2=5$, parallel geschaltet**
Eingangssignal= 10
 $(S+N)/N = (100+10+50+5)/15 = 165/15 = 11$
 $S_{ges} = 165$; **Rauschanteil** $= 15/165 = 1/11 = 9.09\%$

3.4 **Zwei Verstärker mit Eigenrauschen 1 und $V_1=10$ und $V_2=1$, parallel geschaltet**
Eingangssignal 10
 $(S+N)/N = (100+10+10+1)/(10+1) = 121/11 = 11$,
 $S_{ges} = 121$; **Rauschanteil** $= 11/121 = 1/11 = 9.09\%$

Es wurde immer vorausgesetzt, dass die Verstärker- Eingangsleistungen gleich sind und sich nur der **Verstärkungsgrad eines Verstärkers** ändert.

Wenn aber die **Verstärkung gleich** ist (10) und die **Eingangsleistung an einem ist 10 und wird am anderen 0** (Extremfall), dann ergibt sich bei **Eigenrauschen beider Verstärker=1**:

3.5 $(S+N)/N = (100+10+0+10)/20 = 120/20 = 6$
 $S_{ges} = 120$; **Rauschanteil** $20/120 = 1/6 = 16.7\%$

S_{ges} nach 3.2 war 220 (Eingangsleistung beide gleich)

Die Gesamtverstärkung nach 3.5 hat sich auf $120/220 = 54\%$ verringert und gleichzeitig das Rauschen auf 16.7% erhöht

4. Zusammenfassung

Unterschiedliche Verstärkungsgrade der Verstärker verändern die Gesamtverstärkung, nicht aber das Signal-Rauschverhältnis

Unterschiedliche Eingangsleistungen ergeben bei der Addition der Ausgänge ebenfalls unterschiedliche Ausgangsleistungen, verschlechtern aber immer auch zusätzlich noch das Signal-Rauschverhältnis.

26.03.08