

氏名・(本籍)	はま 濱	や 屋	すすむ 進 (静岡県)
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	工博乙第	10	号
学位授与の日付	昭和 61 年 1 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
学位論文題目	注入同期および相互同期状態にある発振器の 安定性・雑音に関する進行波解析		
論文審査委員	(委員長) 教授	水 品 静 夫	
	教授	角 正 雄	教授 今 井 哲 二
	教授	岡 本 尚 道	

## 論文内容の要旨

マイクロ波・ミリ波の固体素子の性能は年々改善されている。それらを実用化するにあたって、周波数の安定化や雑音軽減のために発振器の外部信号注入同期や高 Q 外部空洞を使用した自己注入同期運転、また電力増大のために多数発振器の並列運転、更にそれらを組み合わせたものなど複雑な運転方式が使われるようになり、それに関する統一的な理論が必要となってきた。本論文では発振器の安定性、雑音特性に関する反射係数面上での図式解析法を提案する。

発振器の負荷を変えると、その出力電力  $P$  および周波数  $\omega$  は変化する。リーケ図は、それを示すため、 $P$  が一定となる曲線群と  $\omega$  が一定となる曲線群を負荷の反射係数面上で表わしたものである。負荷の入射波・反射波を、それぞれ、発振器の出力波  $a$ ・入力波  $b$  と定義すると、リーケ図の各点は発振器の逆反射係数  $S_G(=b/a)$  であると見なせる。また、出力電力は入、出力波振幅を使い、 $P=|a|^2-|b|^2$  と書けるから、 $P$  一定の曲線群を  $|a|$  一定および  $|b|$  一定の曲線群に分解できる。本論文では  $|b|$  一定および  $\omega$  一定の値を持つ  $S_G(|b|, \omega)$  曲線群（等入力波振幅線と等周波数線）で表わされるリーケ図と、 $|a|$  一定および  $\omega$  一定の値を持つ  $S_G(|a|, \omega)$  曲線群（等出力波振幅線と等周波数線）で表わされるリーケ図を新しく提案する。また、リーケ図の各点における各曲線群の密度・傾きを表現するベクトルすなわち周波数依存性ベクトル  $\partial S_G(|b|, \omega)/\partial \omega$  と出力波振幅依存性ベクトル  $\partial S_G(|a|, \omega)/\partial |a|$  とを定義し、リーケ図上で図示する。これらの新しいリーケ図とベクトルを使って、自走あるいは外部信号注入同期状態にある発振器の動作点の決定法を示し、その動作点における安定性と雑音特性を、更に、複数発振器から成る電力合成系の動作モード、安定性、雑音特性を統一的に解析し、図式解釈することができた。

本研究で開発した解析法は進行波を使うので、マイクロ波・ミリ波領域における複雑な発振器シ

システムの動作解析を著しく容易にする。解析の結果を以下に要約する。

### (1) 動作点およびその安定性

振幅  $B_0$ , 周波数  $\omega_0$  の入力波が与えられると, リーケ図上においてその値を持つ等入力波振幅線と等周波数線との交点  $S_G(B_0, \omega)$  が発振器の動作点となる。また, 動作点における周波数依存性ベクトルがリーケ図の原点を左側に見れば, その動作点はじょう乱に対して安定, 右に見れば不安定となる。一般に入力波の振幅と周波数が決定されると, 動作点はリーケ図において2点存在することになるが, そのうちの一つは安定に他は不安定になる。また, リーケ図の原点は安定・不安定を併せ持つ動作点であるが, 必ずその安定側に落ち着けるので安定な動作点となり, その結果, 位相雑音が大きくなる。これは整合負荷で終端した自走発振器に相当するが, 任意負荷で終端した自走発振器の場合も同様の特性となる。

### (2) 発振モードの安定性

電力合成を目的とする並列運転回路では, 発振器や結合回路の調整を軽減するため, 目的の発振モードのみが安定で他のすべてのモードが不安定となる単一モード動作が重要な課題となる。本論文では同一リーケ図を持つ多数発振器系に存在する発振モードをすべて摘出し, それらの安定条件を上記の解析を拡張して求める。更に, それをハイブリッド結合器を使用した発振器の電力合成回路に適用し, 単一モード動作の回路条件について考察する。その結果, 目的の発振モードの動作点をリーケ図上で外部信号注入同期運転における安定領域内に置くと同時に, 不要モードの動作点をリーケ図の原点になるように結合回路と負荷を選べば, 容易に単一モード動作が得られることを示す。しかし実際には, ある不要モードの動作点を原点に置くように設計しても, 別の不要モードの動作点が必然的に原点より離れ, それらの不要発振モードが安定となる可能性が残る。本論文ではその理由を明確にした上で, 安定に残り得る不要モードを事実上無害とする結合回路を提案する。

### (3) 雑音特性

じょう乱による発振器のリーケ図の変動を, 等価的に雑音入力波によるものと見なして, 外部信号注入同期や自己注入同期運転, および並列運転における発振器の雑音特性を考察した。その結果, 雑音入力波はリーケ図の出力波振幅依存性によって定常出力波とパラメトリック相互作用をして, 周波数変換されて雑音出力波となることを明らかにし, またその大きさをリーケ図式に求めることができた。これにより, 外部信号注入同期運転では注入レベルの分だけ定常出力波近傍周波数の位相雑音が改善され, 自走発振器は振幅雑音は小さいが位相雑音が大いことが明らかになった。さらに, 多数発振器系の雑音は, 外部信号注入同期運転における雑音と任意負荷で終端した自走発振器における雑音が混在していると考えて解析でき, 一般には雑音は一個の発振器より, 発振器数の分だけ改善されることも明らかとなった。

以上の理論解析の結果は Gunn 発振器を使った実験により裏付けられている。