电磁场和微波技术复习2

关于考试

- 平时作业：占比重30％
- 期末考试：占比重70％

- 虽然我始终认为考试不是目的，但以往考试不通过的，每年都有，几乎每班都有。我希望不是大家。

考试题型及其分数

卷面分数：42分

解答题:6*3=18分

计算题：14+10=24分

第一章 微波概念

Microwave Concept

对电子信息工程，通信工程专业，《微波技术》是一门重要的专业课程。

究竟什么是微波？这是我们关心的首要问题。

从现象看，如果把电磁波按波长(或频率)划分，则大致可以把300MHz—3000GHz，(对应空气中波长λ是1m —0.1mm)这一频段的电磁波称之为微波。纵观“左邻右舍”它处于超短波和红外光波之间。

图 1-1

§2—1 引言

“长线”和“短线”

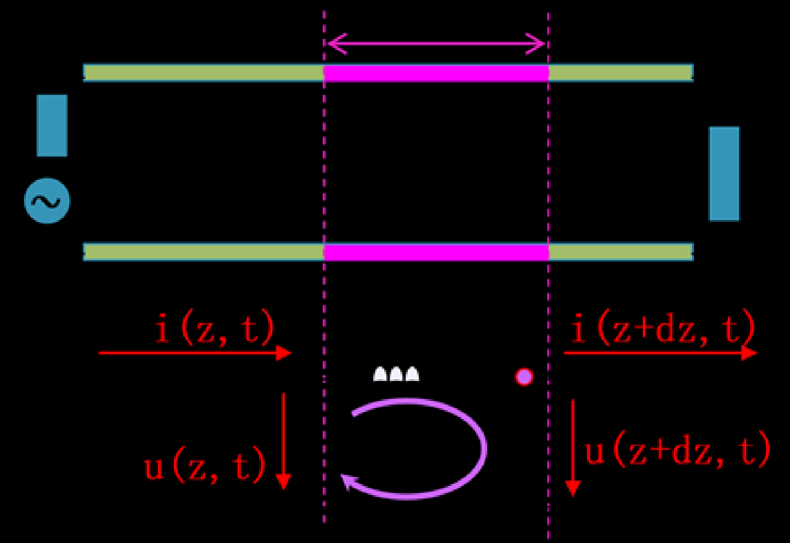
- 当传输线的长度l远大于所传输的电磁波的波长λ，或可比拟时，称之为长线（$l/\lambda>0.05$）；反之，为短线；
- 电长度： l/λ

❖ 对于低频信号，例如50Hz的交流电源，对应波长为6×10^6米，即6千公里，因而30km的输电线只能是短线

但一段10cm的波导，若工作在30GHz，对应波长为1cm，则是地道的长线

均匀无耗传输线上的行波(R=0，G=0)

一、传输线方程及其解



Δz → 0，忽略高次项

消去dz

§2－2 均匀无耗传输线上的行波——一、传输线方程及其解

- 波动方程的解

$= -\beta^2 U(z)$

$= -\beta^2 I(z)$

- 解的物理含义：

传输线上电流、电压以波的形式传播；存在朝相反方向传播的波

§2－2 均匀无耗传输线上的行波——一、传输线方程及其解

相速

- 等相位面沿传播方向移动的速度
- 入射波：
- 反射波：

§2－2 均匀无耗传输线上的行波

二、均匀无耗传输线的特性阻抗

❖ 定义：传输线中行波电压和行波电流之比

上式，对任意z都应成立

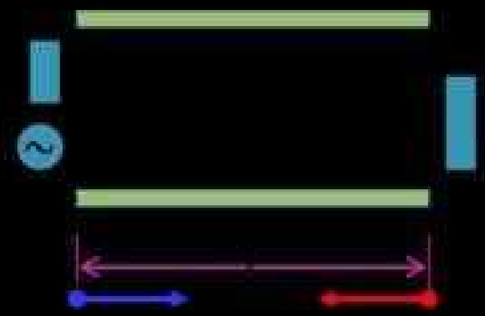
$$A_1 = \frac{wL}{\beta}B_1 = \sqrt{\frac{L}{C}}B_1 \qquad A_2 = \sqrt{\frac{L}{C}}B_2$$

§2-2 均匀无耗传输线上的行波——二、均匀无耗传输线的特性阻抗

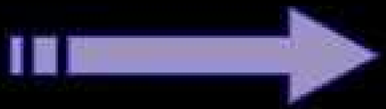
- 均匀无耗线的特征阻抗是一个实数，单位：Ω
- 反映传输线在行波状态下电压和电流之间关系的量
- 大小仅取决于传输线所填充的介质、线的横向尺寸和横截面内电磁场的分布状态，与线的长度无关，而且，可近似认为与频率无关

§2.3　接有负载的均匀无耗传输线

（一）已知Eg，Zg和Z_L时



(1) d=0 处



(2) d=*l* 处

§2.3 接有负载的均匀无耗传输线

二、反射系数、驻波比和输入阻抗

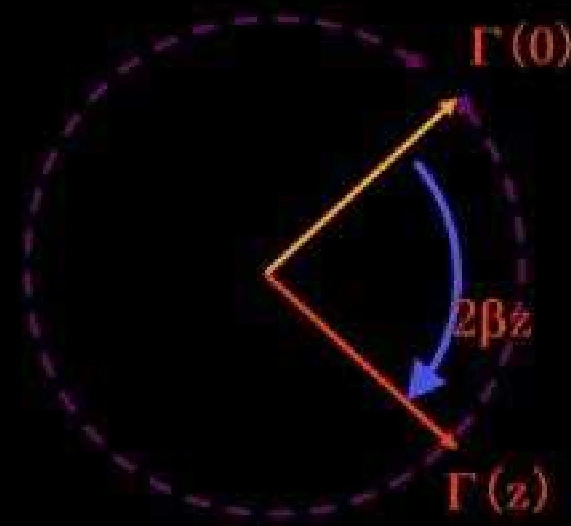
（一）反射系数

描述传输线某处的反射波与入射波相对幅度及相对相位关系的参量

- **电压反射系数**
- **电流反射系数**

§2.3 接有负载的均匀无耗传输线——反射系数、驻波比和输入阻抗

➢ 复平面上，$\Gamma(z)$ 的轨迹是一个半径为 $|\Gamma(0)|$，沿顺时针方向旋转的圆，



§2.3 接有负载的均匀无耗传输线——反射系数、驻波比和输入阻抗

（二）驻波比、行波系数

驻波比与行波系数描述了行波与驻波的相对大小

- **电压驻波比**：均匀无耗传输线上电压最大与最小振幅值之比；
- **电流驻波比**：均匀无耗传输线上电压最大与最小振幅值之比；

  - 沿传输线不变，常采用电压驻波比，简称驻波比（VSWR）

- **行波系数**：

- **取值范围**： $0 \le |\Gamma| \le 1 \Rightarrow 1 \le s \le \infty$, $0 \le K \le 1$
  - 无反射时， $|\Gamma|=0$，$s=1$　$K=1$
  - 全反射时， $|\Gamma|=1$，纯驻波，$s=\infty, K=0$
  - 部分反射时，为行驻波，介于两者之间

§2.3　接有负载的均匀无耗传输线——反射系数、驻波比和输入阻抗

（三）输入阻抗

$$=\frac{U_L\cos\beta z+jI_LZ_C\sin\beta z}{I_L\cos\beta z+j\dfrac{U_L}{Z_C}\sin\beta z}$$

$$=\frac{I_LZ_L\cos\beta z+jI_LZ_C\sin\beta z}{I_L\cos\beta z+j\dfrac{I_LZ_L}{Z_C}\sin\beta z}$$

$$=\frac{Z_L\cos\beta z+jZ_C\sin\beta z}{\cos\beta z+j\dfrac{Z_L}{Z_C}\sin\beta z}$$

$$=Z_C\frac{Z_L+jZ_Ctg\beta z}{Z_C+jZ_Ltg\beta z}$$

§2.3　接有负载的均匀无耗传输线——反射系数、驻波比和输入阻抗

❖ 与特性阻抗是两个完全不同的概念

❖ 与反射系数的关系

$$= \frac{U^{+}(z)[1+\Gamma(z)]}{I^{+}(z)[1-\Gamma(z)]}$$

❖ 输入导纳：

$$= Y_C \frac{Y_L + jY_C tg\beta z}{Y_C + jY_L tg\beta z}$$

§2.3 接有负载的均匀无耗传输线

三、均匀无耗传输线接有不同类型负载时的工作状态

- 根据终端负载Z_L的情况，传输线有三种工作状态：
  - 行波状态 —— 长线上无反射
  - 纯驻波状态 —— 反射波等于入射波，全反射
  - 行驻波状态 —— 反射波小于入射波
- 长线的工作状态取决于负载与长线之间的匹配特点

$$\Gamma(z)=\frac{Z_L-Z_C}{Z_L+Z_C}e^{-j2\beta z}$$

§3-2 规则波导中的导行波—— 一、波型

（三）TEM波型

❖ 无法用纵向分量表示横向分量

- 根据纵横关系，可知：
  只有K_c＝0时，E_t和H_t才有非零解，TEM波型应满足：
- 可通过求解该方程得到E和H

与无界空间均匀
媒质的β相同

❖ 静态场也满足同样的Laplace方程，因此一个导波系统若能传输TEM波型，则该系统中必然能存在静电荷或恒定电流，而在单导体所构成的空心金属波导管内，不可能存在静电荷或恒定电荷，因此也不可能传输TEM波型。

❖ 若是双导体或多导体，则可以传输TEM波型

§3-2 规则波导中的导行波——二、传输特性

（二）波导的截止现象/截止波长及传输条件

- 对于无耗规则波导，导行波沿＋z轴方向传播规律为

其中， $= \sqrt{w^2 \mu\varepsilon - K_c^2}$

- $K>K_c$ 时，β为实数，则Z(z)表示沿＋z轴方向传播的行波
- $K<K_c$ 时，β为虚数，

则Z(z)表示沿＋z轴方向传播的电磁波为衰减波，只存在于激励源附近，称为截止状态；这种损耗是一种电抗性衰减

- $K=K_c$ 时，临界状态

传输条件：K ＞ Kc

如果某一波型要在给定的波导内能够传输，则要求 $f>f_c$，具有高通滤波器的特性

❖ 对于TEM波没有截止现象，但TE和TM波有截止现象

二、波型及场结构——（一）TE波型——(1) 场分量的表示式

b） 每组m, n值对应一种波型，记为TE_{mn}（或H_{mn}）

最低次的波型为TE_{10}(a>b)或TE_{01} (a<b)模。

$$K_c=\sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2+\left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

$$K_c\Big|_{TM_{11}}=\sqrt{\left(\frac{\pi}{a}\right)^2+\left(\frac{\pi}{b}\right)^2}>\frac{\pi}{a}$$

TE_{10}模是矩形波导中的主波型

c） 场沿z轴为行波，有功率传输

沿x和y轴为纯驻波分布（正弦或余弦分布规律），无功率传输

m表示沿x轴（从0到a）出现的半周期数（半个纯驻波）的数目

n表示沿y轴（从0到b）出现的半周期数（半个纯驻波）的数目