

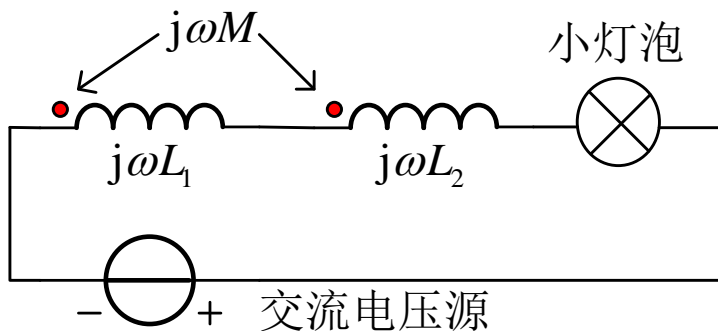
互感的去耦等效

主要内容

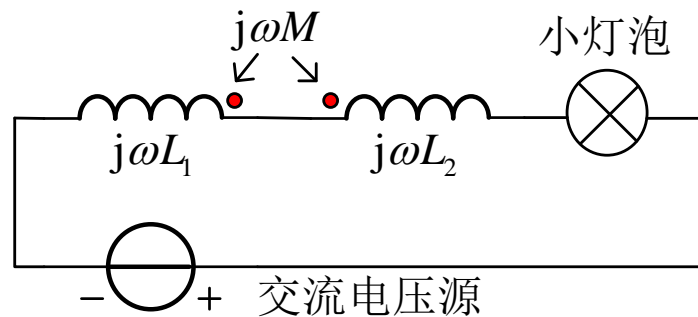
- 问题的提出
- 串联互感的去耦等效
- 问题的解决
- T型接法互感的去耦等效
- 例题

问题的提出

实验演示互感串联两种连接方式（在实验室现场录制演示视频）



互感同向串联

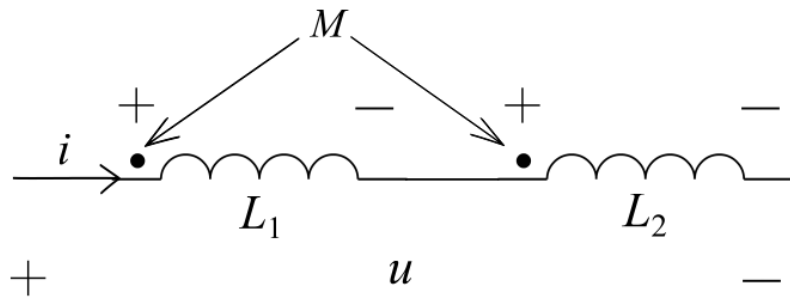


互感反向串联

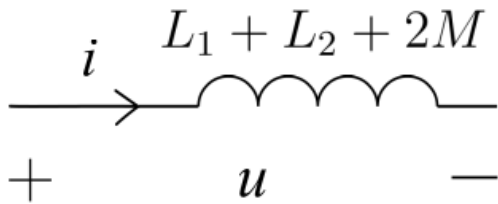
- 实验演示发现互感同向串联时灯泡较暗，反向串联时灯泡较亮
- 提出问题：

为什么互感接法的改变会引起灯泡亮度的变化？

同向串联互感的去耦等效



$$\begin{aligned} u &= L_1 \frac{di}{dt} + M \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + M \frac{di}{dt} \\ &= (L_1 + L_2 + 2M) \frac{di}{dt} \end{aligned}$$



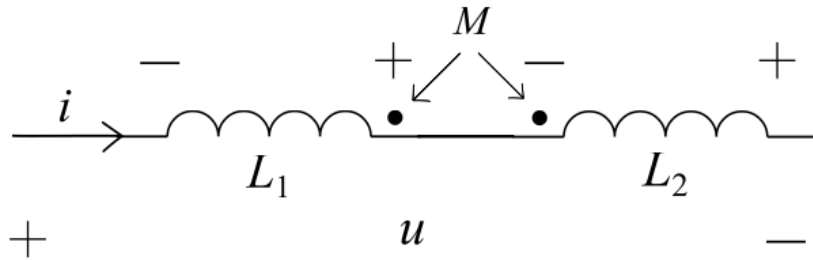
$$u = (L_1 + L_2 + 2M) \frac{di}{dt}$$

两个电路的电压电流关系相同，所以可以**等效变换**。

也就是同方向串联互感可等效为一个 **$L_1 + L_2 + 2M$** 的电感。

等效变换后，互感作用并未消失，而是反映到等效电感中。

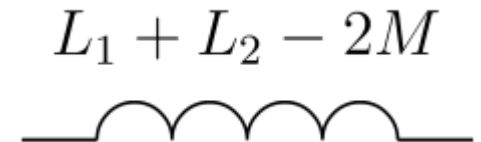
反向串联互感的去耦等效



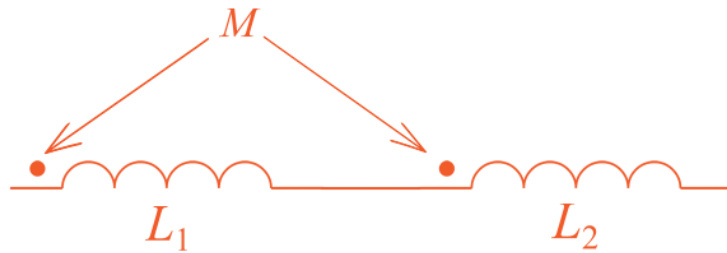
$$u = L_1 \frac{di}{dt} - M \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} - M \frac{di}{dt}$$

$$= (L_1 + L_2 - 2M) \frac{di}{dt}$$

互感反方向串联可去耦等效为一个电感



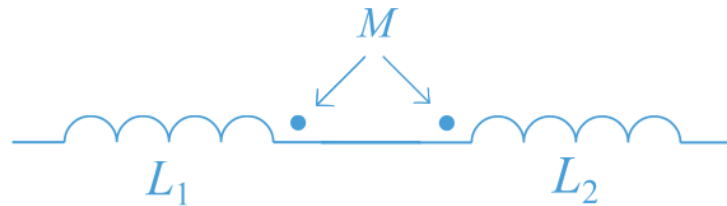
同向串联和反向串联互感去耦等效总结 and 比较



$$j\omega(L_1 + L_2 + 2M)$$



∨



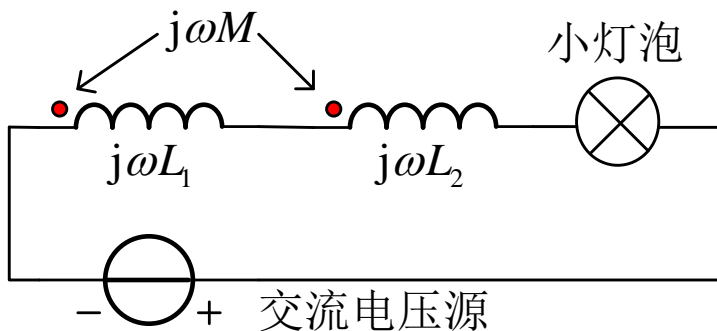
$$j\omega(L_1 + L_2 - 2M)$$



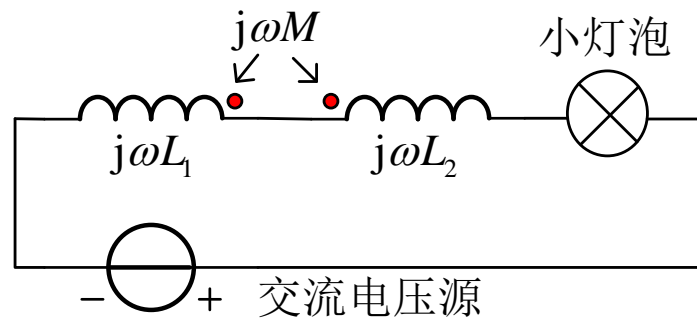
若是正弦稳态电路，等效电感前乘以 $j\omega$

可见，同向串联互感等效阻抗大于反向串联互感等效阻抗。

问题的解决



互感同向串联



互感反向串联

前面证明了同向串联互感等效阻抗大于反向串联互感等效阻抗。

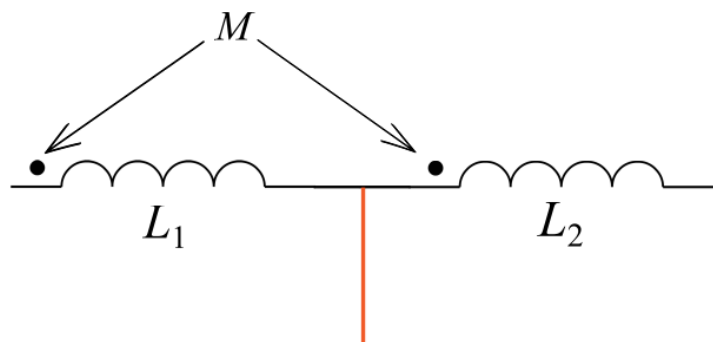
当外加交流电压相等时，同向串联互感的电流较小，所以小灯泡较暗。

反向串联互感的电流较大，所以小灯泡较亮。

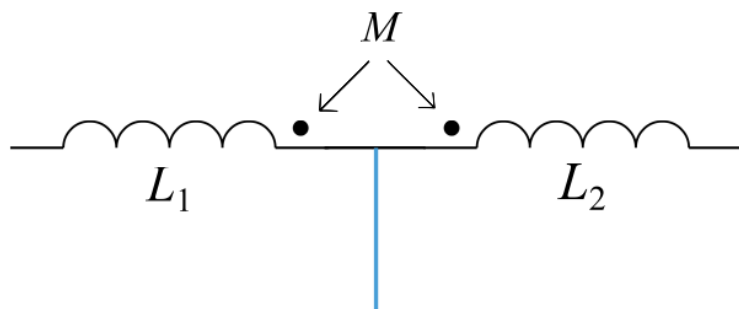
通过串联互感的去耦等效，

很好地解释了两种不同接法小灯泡亮度变化的原因。

T型接法的两种类型

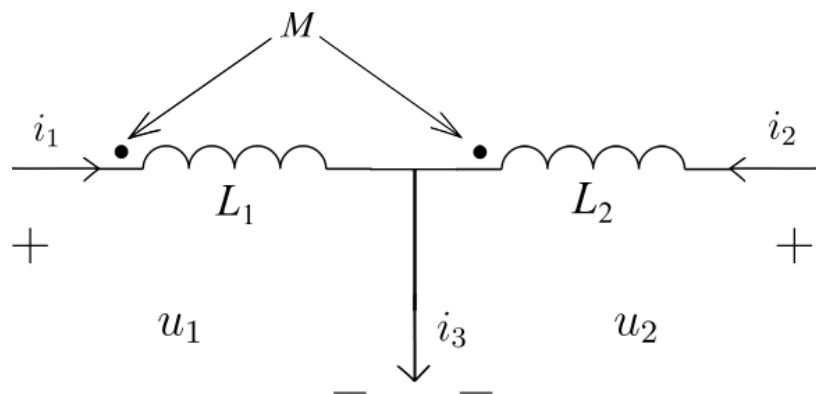


T型接法，同名端位于异侧
即一个离连接点远，另一个离得近



T型接法，同名端位于同侧
即两个同名端都离连接点远或都离得近

T型异侧接法的去耦等效

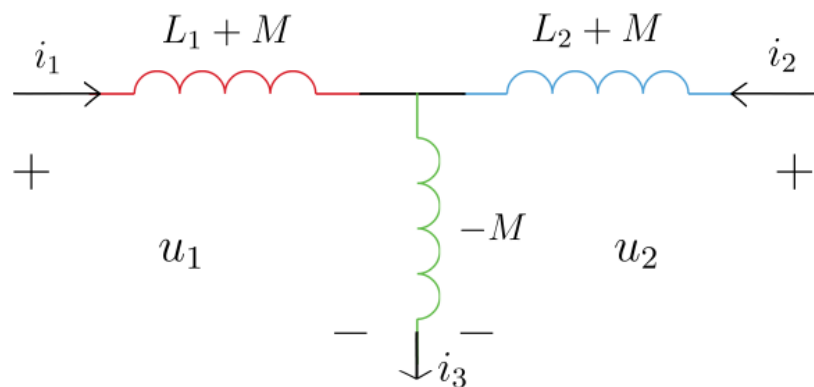


$$i_1 + i_2 = i_3$$

$$u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{d(i_3 - i_1)}{dt}$$

$$= (L_1 + M) \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_3}{dt}$$

$$u_2 = (L_2 + M) \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_3}{dt}$$



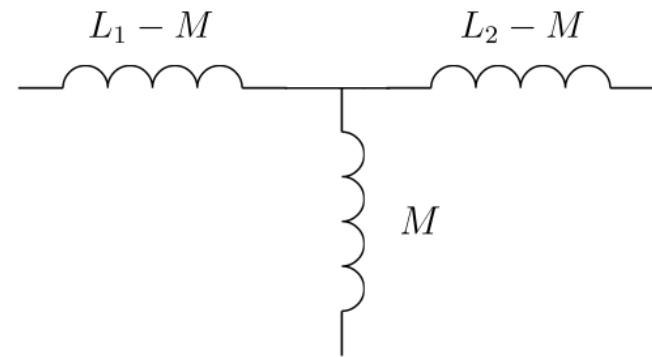
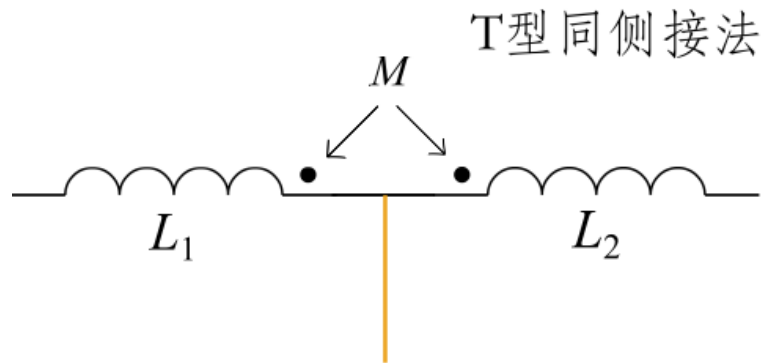
$$u_1 = (L_1 + M) \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_3}{dt}$$

$$u_2 = (L_2 + M) \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_3}{dt}$$

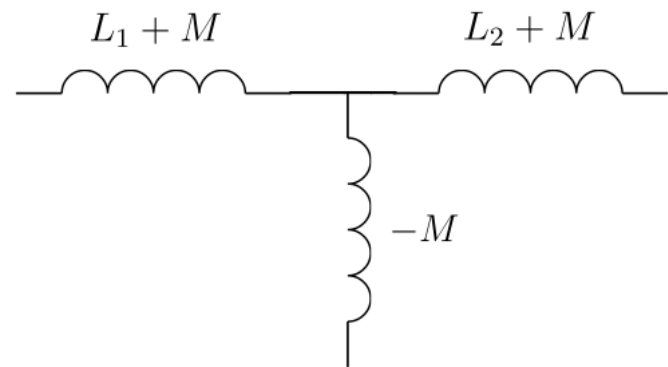
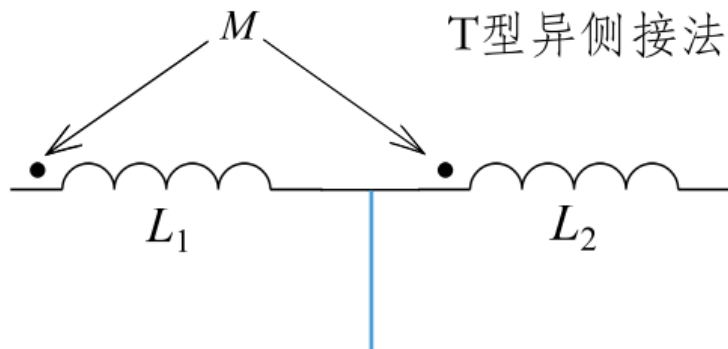
两个电路的电压电流关系相同，所以可以等效变换。

也就是T型异侧互感可等效3个电感，等效电感值如图所示。

T型异侧接法和同侧互感去耦等效比较



T型同侧接法互感去耦等效推导过程与异侧类似，可尝试自己推导。



同侧和异侧去耦等效区分的关键在于连接点引出端线上的等效电感，
同侧为 $+M$ ，异侧为 $-M$ ，同侧时自感各自 $-M$ ，异侧时自感各自 $+M$ 。

T型接法互感去耦等效的疑惑

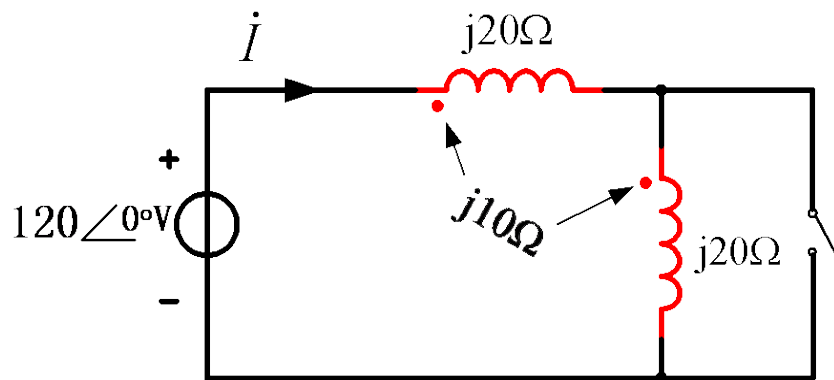
为什么讲完串联互感的去耦等效后讲T型接法互感的去耦等效，
而不讲并联互感的去耦等效？

这个疑惑的解答见视频中的动画演示。结论是，并联互感只是T型接法特例。

T型接法互感可去耦等效为三个电感，貌似电路变得更复杂了！！
这有什么意义呢？

这个疑惑的解答见下面最后所举的例题。

例题



分别求开关断开和闭合时的电流 \dot{i}

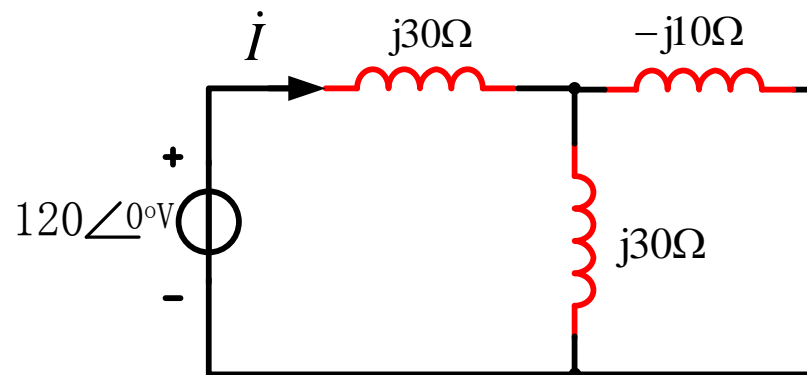
解：开关断开时，互感同向串联，等效阻抗

$$Z_{eq} = j20 + j20 + 2 \times j10 = j60\Omega$$

$$\dot{i} = \frac{120\angle 0^\circ}{Z_{eq}} = 2\angle -90^\circ \text{ A}$$

去耦等效省去了根据同名端判断互感电压方向，且等效后仅为阻抗串并联，所以互感去耦等效简化了电路分析。

开关闭合时，互感T型异侧接法，可去耦等效为



根据阻抗串并联，等效阻抗

$$Z_{eq} = j15\Omega$$

$$\dot{i} = \frac{120\angle 0^\circ}{Z_{eq}} = 8\angle -90^\circ \text{ A}$$