14项实验：运行结果与图示教程

42组工况 · 120项数值核对 · 可复现接线文件与波形CSV

本教程针对当前本地版平台。每项电路实验都有实际端子位置图、编号接线表、参数、逐步操作和已求得的结果。两项暂态实验使用独立数字模型，提供模型图和参数时序。

结果来自执行当前app.js中的compute()、parts()和真实导线配置，随后与解析公式、守恒关系或半步长结果核对。采用模拟页面环境隔离界面；不代表已经通过真实浏览器鼠标操作验收。

请先打开同目录index.html图示教程：它可在整台设备图上逐根显示导线，并下载每组工况JSON。把JSON载入平台即可复现。PDF为打印查阅版，位置图按平台坐标缩放。

全部14项均产生结果，但部分主题采用简化模型：诺顿侧仅公式核对；荧光灯为稳态线性等效；三相功率由支路自动求和；暂态不含完整PSASP/PSCAD功能。教材连续编号仍未核实。

目录

01 基尔霍夫定律 / 第3–4页

02 特勒根定理 / 第5–6页

03 有源一端口网络 / 第7–8页

04 叠加原理 / 第9–10页

05 电源等效变换 / 第11–12页

06 互易定理 / 第13–14页

07 交流元件参数测量 / 第15–16页

08 荧光灯与功率因数 / 第17–18页

09 RLC串联谐振 / 第19–20页

10 耦合线圈参数 / 第21–22页

11 三相电压、电流与相序 / 第23–24页

12 三相功率 / 第25–26页

13 机电暂态仿真 / 第27–28页

14 电磁暂态仿真 / 第29–30页

通用操作与端子识别

适用于全部电路实验；暂态项目跳过香蕉线接线

1. 选择实验，先按红色停止，保持断电；若处于急停锁定，按底部复位。

2. 在右侧逐项设置本页给出的参数。面板印字为默认值，以参数栏为准。

3. 按接线表逐根拖动端子，或依次点击起点、终点；同一端子允许叠接多根线。

4. 点“检查接线”。这只检查电路可求解，仍须人工对照本实验的接线图。

5. 打开底部钥匙开关，再按绿色启动；读取电压表、电流表及下方支路结果。

6. 点“记录本次测量”；每次改参数或接线会自动断电，改完须再按启动。

7. 完成全部工况后导出记录CSV；有波形时另导出波形CSV。刷新页面前必须保存。

端子命名

V1a/V1b为蓝色电源箱第一路正/负端，V2a/V2b为第二路。Ua/Va/Wa/N为底部三相输出。R1a/R1b等为元件两端；线圈a端定义为同名端。AMdcA/AMdcB为直流电流表正/负端；VMdcA/VMdcB为直流电压表正/负端。交流仪表将dc换成ac。

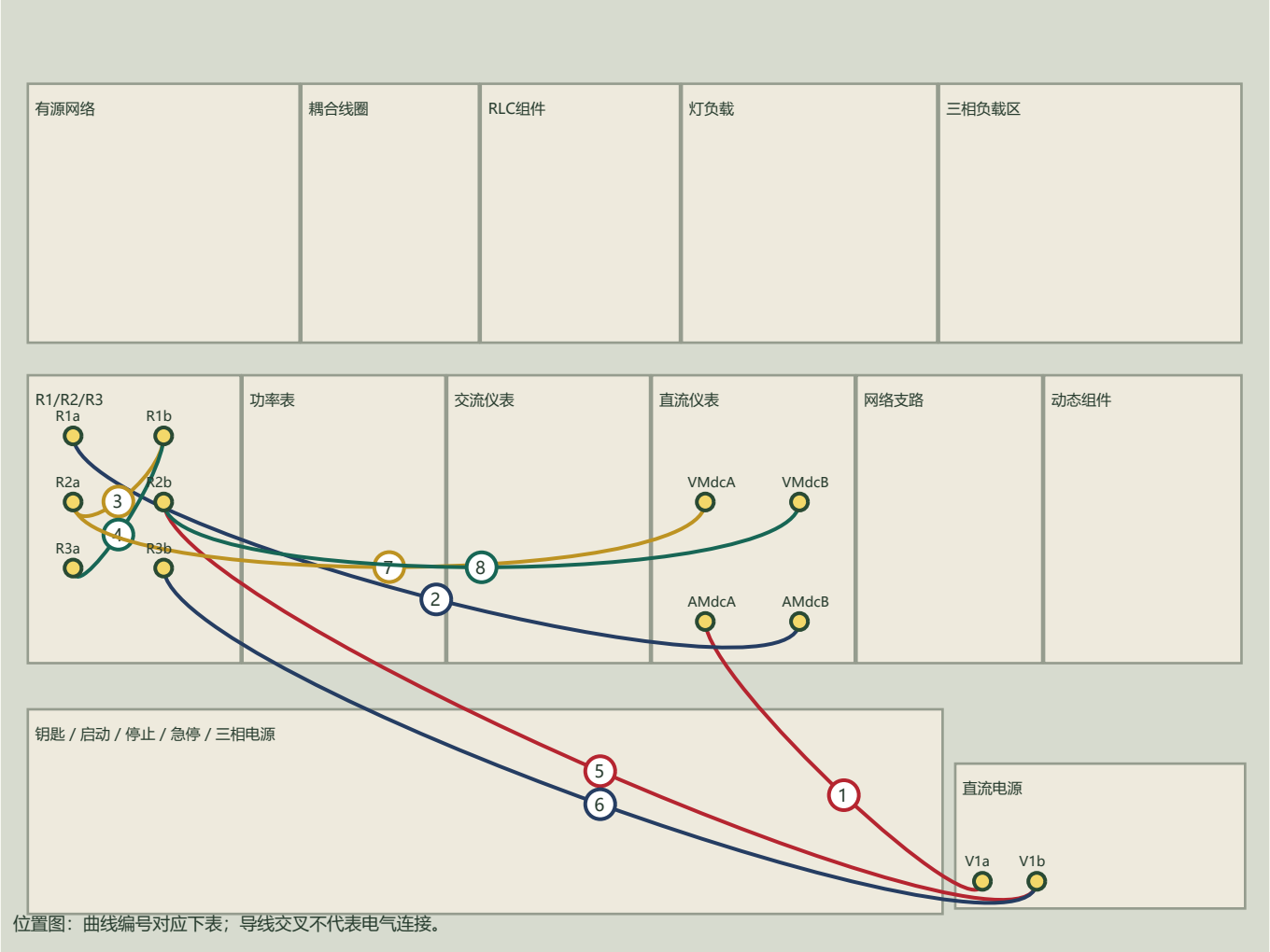
读数含义与常见问题

电流表串联，电压表并联。交流为有效值相量，电流相角以U相源0°为参考；直流验证叠加与功率守恒必须用带符号量。页面仪表不亮时先查钥匙和急停，再查回路。导线相交不自动连接，只有端子相接才共节点。

修改参数会自动断电。侧栏设置是真实计算参数，面板上的印字保持默认标识。全部记录只存在页面内存，刷新前导出。教学软件的接线和保护机制不能替代实物电气操作规程。

01 基尔霍夫定律：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	电源1 + [V1a]	直流电流表 + [AMdcA]
2	直流电流表 - [AMdcB]	R1 + [R1a]
3	R1 - [R1b]	R2 + [R2a]
4	R1 - [R1b]	R3 + [R3a]
5	R2 - [R2b]	电源1 - [V1b]
6	R3 - [R3b]	电源1 - [V1b]
7	直流电压表 + [VMdcA]	R2 + [R2a]
8	直流电压表 - [VMdcB]	R2 - [R2b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

01 基尔霍夫定律：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 第一工况U=12V，读取R1/R2/R3支路电流。

2. 把U改为18V，重新启动，再记录；计算两个节点残差和两组比例。

基础参数：U=12；R1=100；R2=200；R3=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	I1 / A	I2 / A	I3 / A	并联电压 / V
1	0.05454545	0.03272727	0.02181818	6.545455
2	0.08181818	0.04909091	0.03272727	9.818182

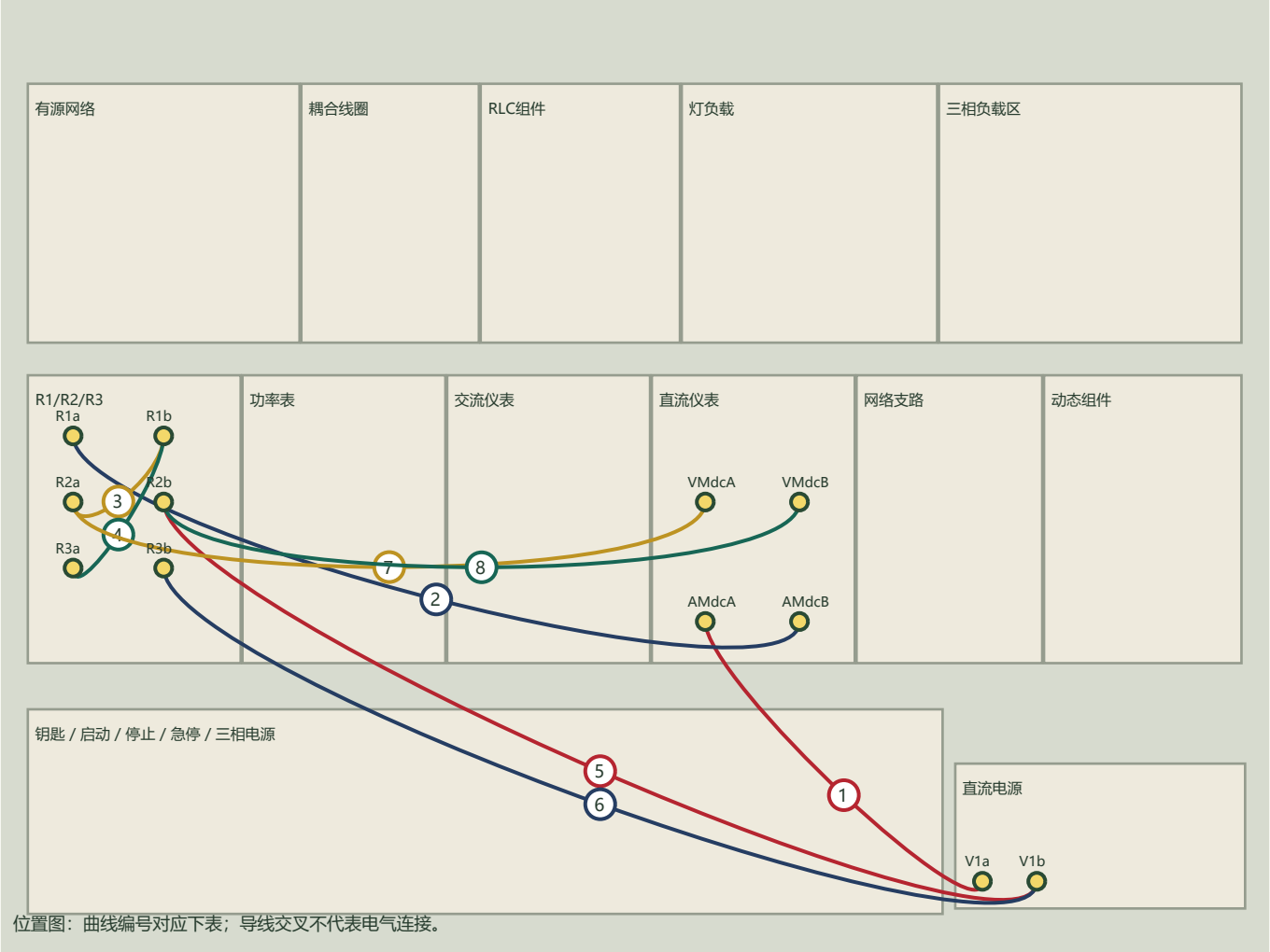
工况：1=12V基础工况；2=源电压18V

R2∥R3=120Ω，总电阻220Ω。12V时I1=12/220，节点关系I1=I2+I3；沿电源-R1-R2回路有U1=UR1+UR2。18V对照应使所有电压、电流扩大1.5倍。

记录要求：记录源电压、三支路电流、各电阻电压与KCL残差。

02 特勒根定理：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	电源1 + [V1a]	直流电流表 + [AMdcA]
2	直流电流表 - [AMdcB]	R1 + [R1a]
3	R1 - [R1b]	R2 + [R2a]
4	R1 - [R1b]	R3 + [R3a]
5	R2 - [R2b]	电源1 - [V1b]
6	R3 - [R3b]	电源1 - [V1b]
7	直流电压表 + [VMdcA]	R2 + [R2a]
8	直流电压表 - [VMdcB]	R2 - [R2b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

02 特勒根定理：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 记录电源V1与R1/R2/R3全部带符号功率，勿漏电源支路。

2. 将四项相加；接近0的浮点残差是数值舍入。

基础参数：U=12；R1=100；R2=200；R3=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	电源P / W	R1 P / W	R2 P / W	R3 P / W	ΣP / W
1	-0.6545455	0.2975207	0.2142149	0.1428099	0

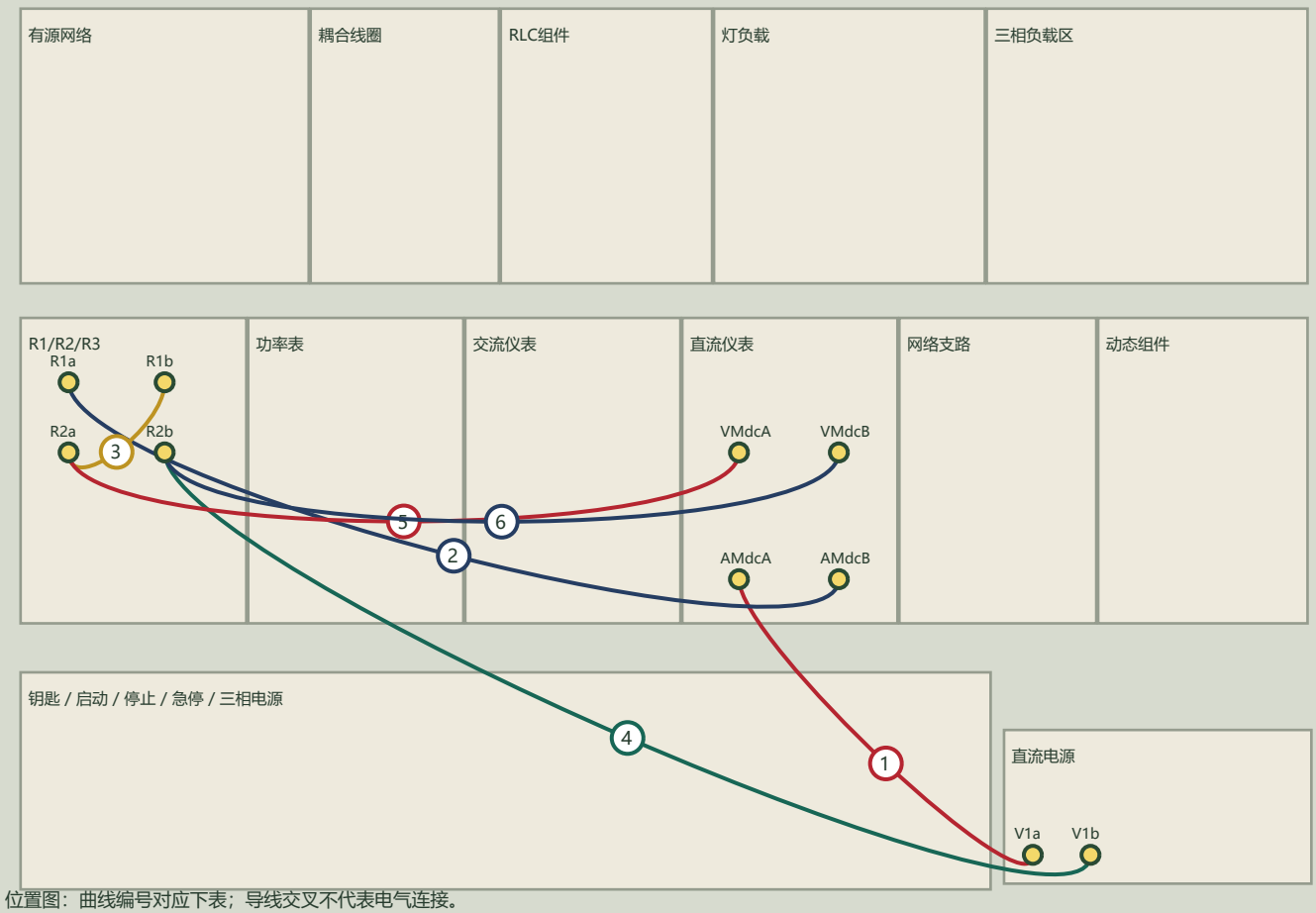
工况：1=12V功率守恒

以每个元件a→b为电压、电流参考方向，吸收功率P=UI。电源为负，电阻为正。只核对同一网络的功率和为零；本次未做两个不同状态之间的交叉特勒根验证。

记录要求：记录所有支路U、I、P及ΣP。

03 有源一端口网络：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	电源1 + [V1a]	直流电流表 + [AMdcA]
2	直流电流表 - [AMdcB]	R1 + [R1a]
3	R1 - [R1b]	R2 + [R2a]
4	R2 - [R2b]	电源1 - [V1b]
5	直流电压表 + [VMdcA]	R2 + [R2a]
6	直流电压表 - [VMdcB]	R2 - [R2b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

03 有源一端口网络：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 依次将R2设100、200、500、1000Ω，每次启动并记录。

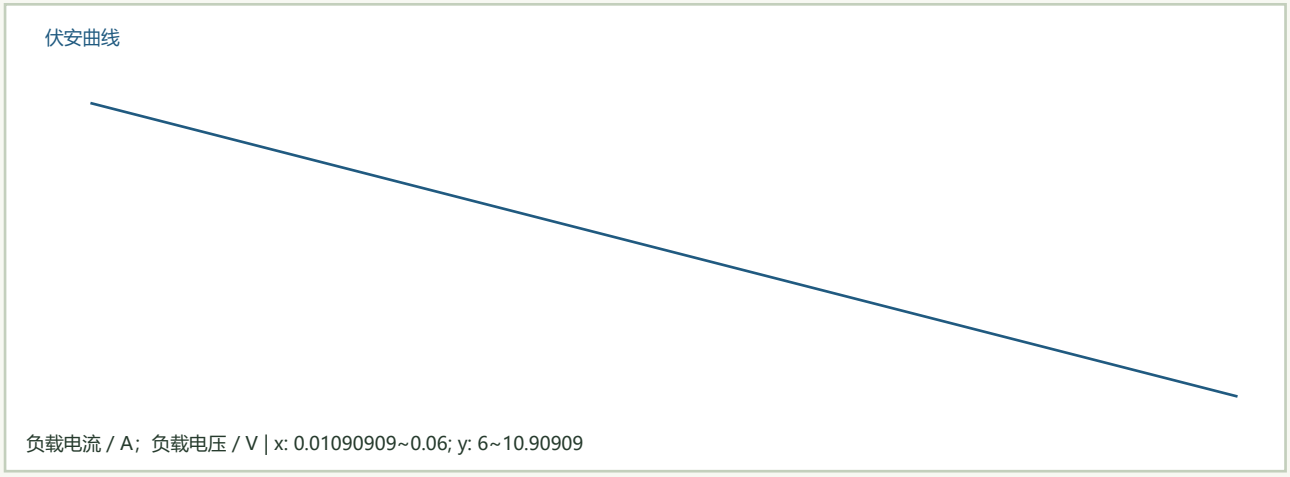
2. 用两点计算Req=(Ua-Ub)/(Ib-Ia)，再求Uoc=U+Req·I。

基础参数：U=12；R1=100；R2=100；R3=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	RL / Ω	UL / V	IL / A	PL / W
1	100	6	0.06	0.36
2	200	8	0.04	0.32
3	500	10	0.02	0.2
4	1000	10.90909	0.01090909	0.1190083

工况：1=负载100Ω；2=负载200Ω；3=负载500Ω；4=负载1000Ω

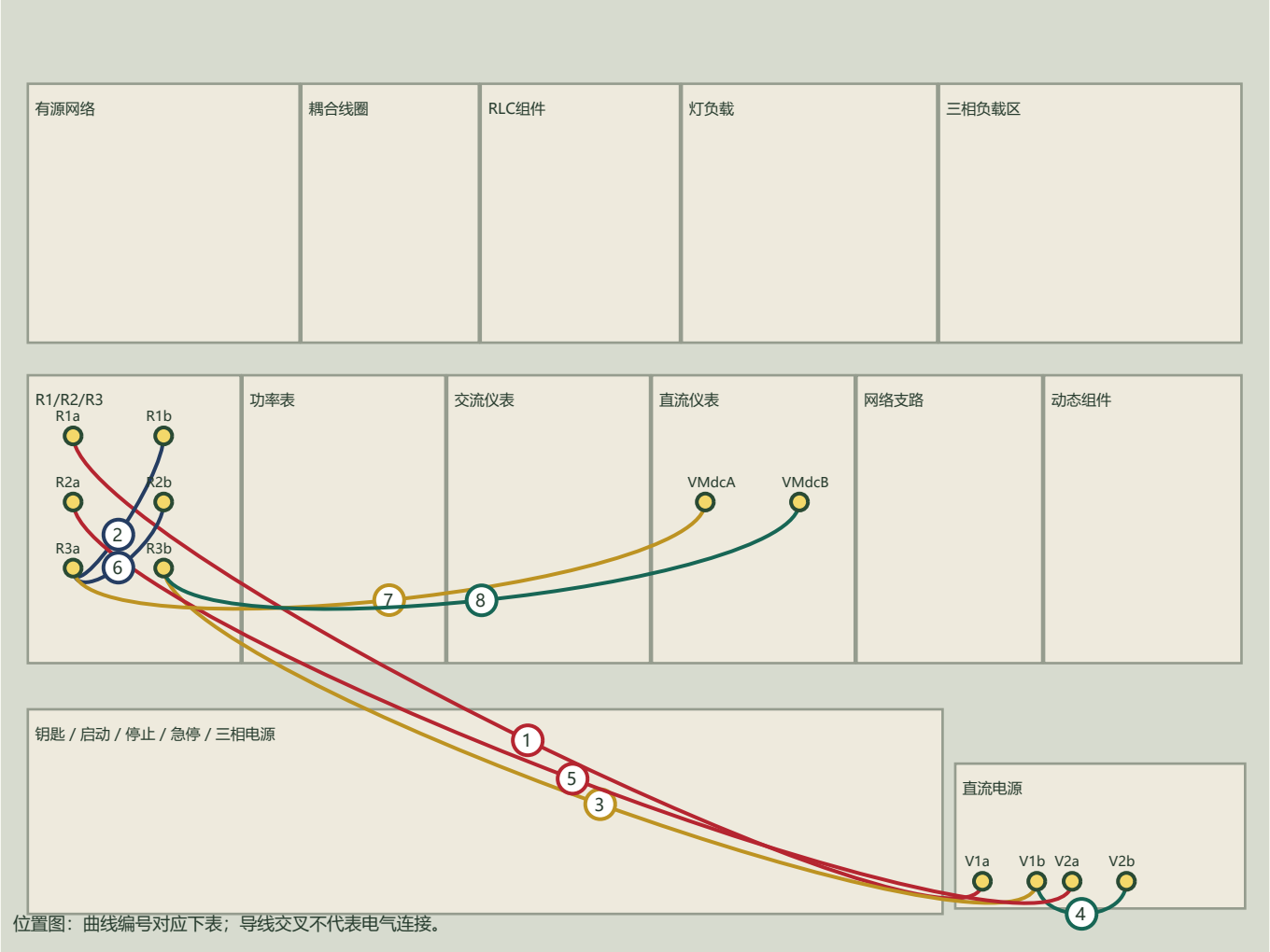
负载是R2，内阻是R1。用两组数据拟合U=Uoc-Req·I，可得Uoc=12V、Req=100Ω；RL=100Ω时达到最大负载功率0.36 W。此为已知简单有源一端口的验证。



记录要求：记录负载R、端电压、负载电流、功率，推算Uoc和Req。

04 叠加原理：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	电源1 + [V1a]	R1 + [R1a]
2	R1 - [R1b]	R3 + [R3a]
3	R3 - [R3b]	电源1 - [V1b]
4	电源2 - [V2b]	电源1 - [V1b]
5	电源2 + [V2a]	R2 + [R2a]
6	R2 - [R2b]	R3 + [R3a]
7	直流电压表 + [VMdcA]	R3 + [R3a]
8	直流电压表 - [VMdcB]	R3 - [R3b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

04 叠加原理：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 先设U=12、U2=6，记录R3电流。

2. 保留导线，改U=12、U2=0，再启动记录。

3. 改U=0、U2=6，再启动记录；对比三者的代数关系。

基础参数：U=12；U2=6；R1=100；R2=200；R3=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	U1 / V	U2 / V	UR3 / V	IR3 / A
1	12	6	8.181818	0.02727273
2	12	0	6.545455	0.02181818
3	0	6	1.636364	0.005454545

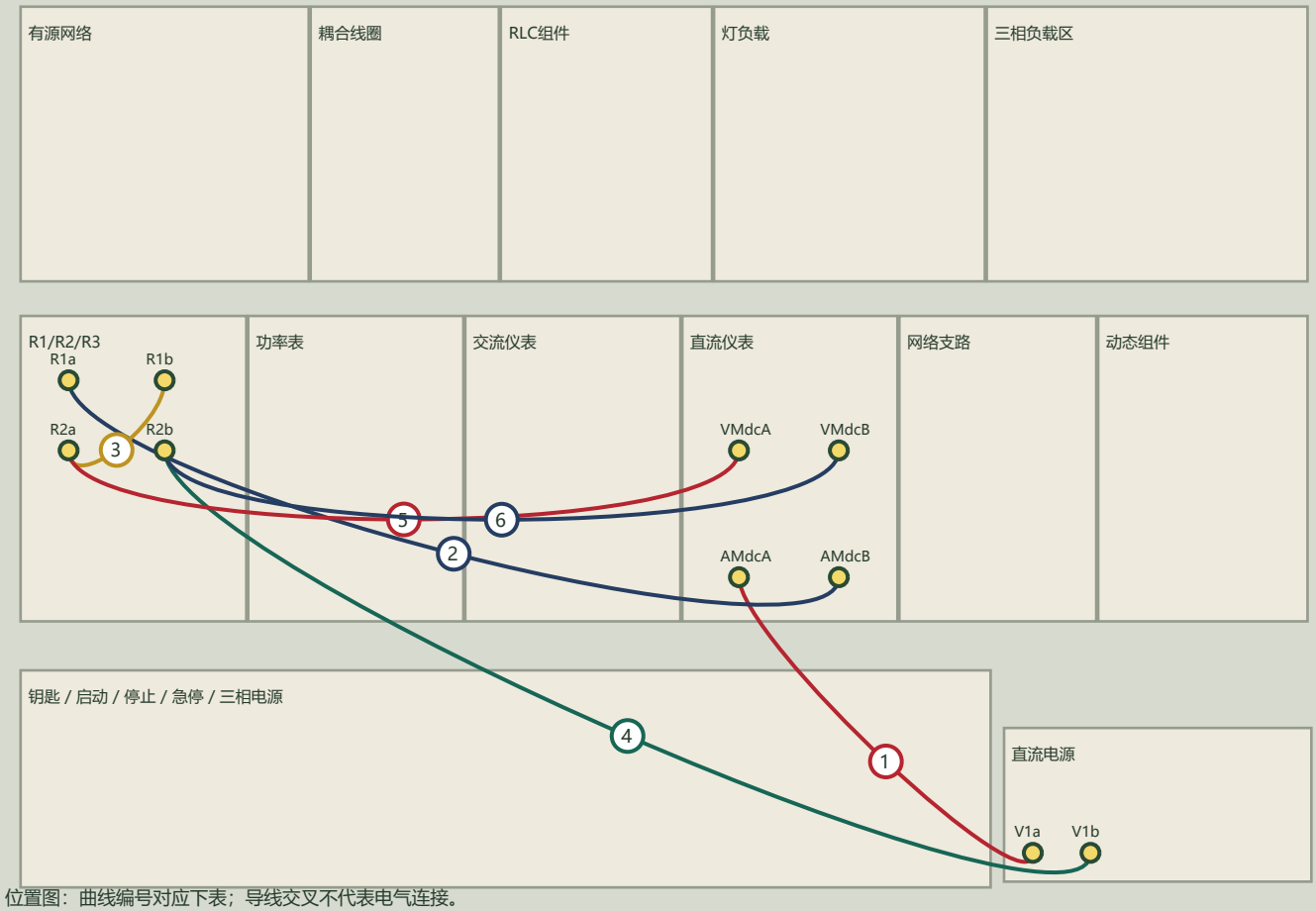
工况：1=两源共同作用；2=电源1单独作用；3=电源2单独作用

必须采用带符号电流，不能将幅值当代数量。独立电压源置零相当于理想短接，但应在参数栏将电压设为0，保留原接线。核对IR3(双源)=IR3(仅U1)+IR3(仅U2)。功率不满足这个叠加关系。

记录要求：记录三个工况的R3电流、电压及叠加误差；功率不能直接叠加。

05 电源等效变换：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	电源1 + [V1a]	直流电流表 + [AMdcA]
2	直流电流表 - [AMdcB]	R1 + [R1a]
3	R1 - [R1b]	R2 + [R2a]
4	R2 - [R2b]	电源1 - [V1b]
5	直流电压表 + [VMdcA]	R2 + [R2a]
6	直流电压表 - [VMdcB]	R2 - [R2b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

05 电源等效变换：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 依次执行四组负载，读取端口U、I。

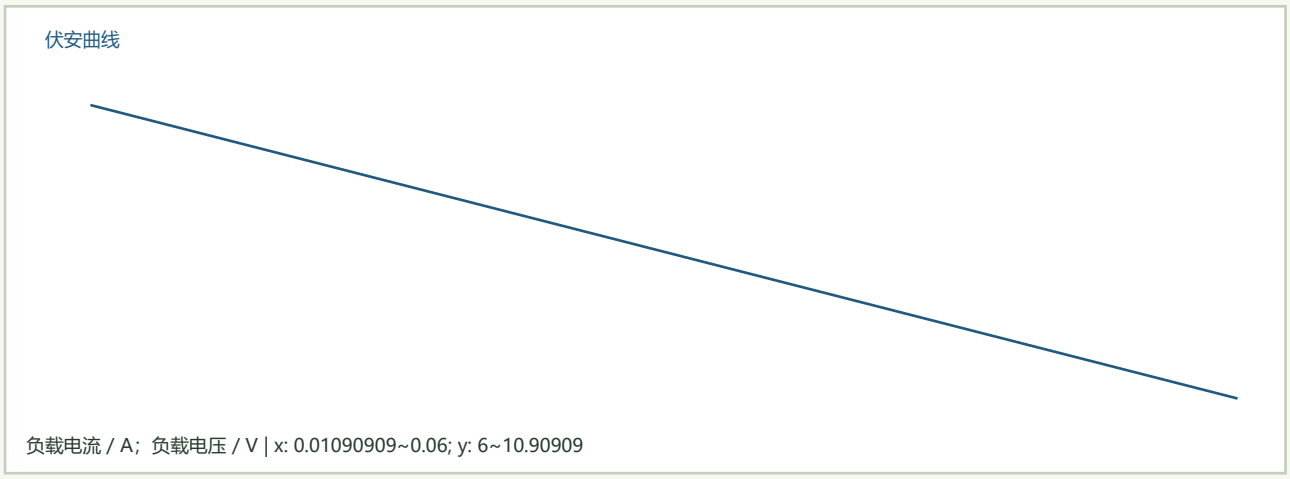
2. 按0.12A并100Ω公式另算四组输出，逐项比较；不要寻找未实现的恒流源端子。

基础参数：U=12；R1=100；R2=100；R3=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	RL / Ω	UL / V	IL / A	PL / W
1	100	6	0.06	0.36
2	200	8	0.04	0.32
3	500	10	0.02	0.2
4	1000	10.90909	0.01090909	0.1190083

工况：1=负载100Ω；2=负载200Ω；3=负载500Ω；4=负载1000Ω

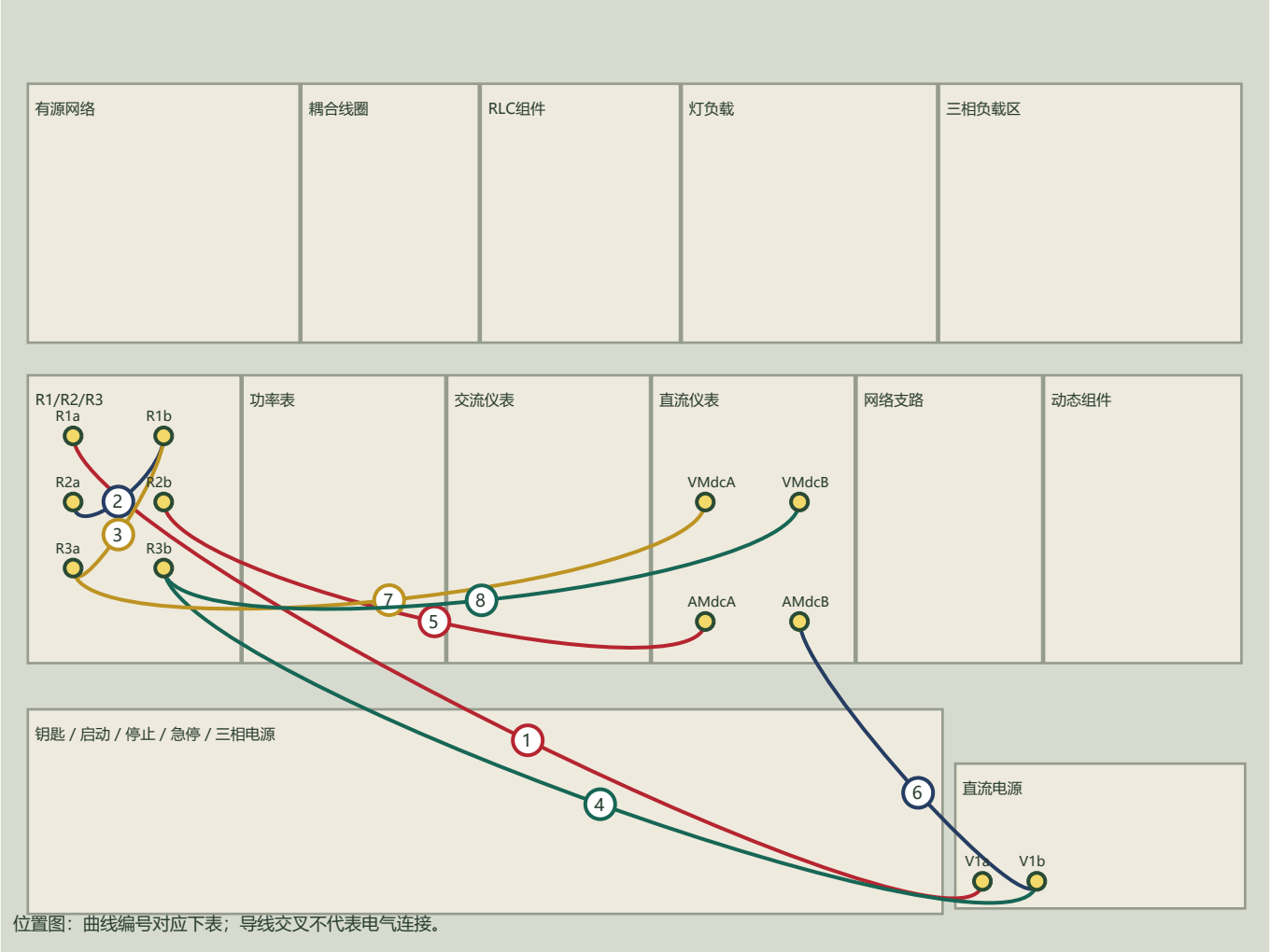
戴维南表示为12V串100Ω；诺顿表示为0.12A并100Ω。对每个RL计算UL=0.12/(1/100+1/RL)，与平台求解相同。当前只搭建电压源网络，诺顿侧为独立公式核对，尚无实体可接线恒流源。



记录要求：记录R、U、I和两种公式预测值；本版诺顿表示由公式分析。

06 互易定理：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	电源1 + [V1a]	R1 + [R1a]
2	R1 - [R1b]	R2 + [R2a]
3	R1 - [R1b]	R3 + [R3a]
4	R3 - [R3b]	电源1 - [V1b]
5	R2 - [R2b]	直流电流表 + [AMdcA]
6	直流电流表 - [AMdcB]	电源1 - [V1b]
7	直流电压表 + [VMdcA]	R3 + [R3a]
8	直流电压表 - [VMdcB]	R3 - [R3b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

06 互易定理：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 先按工况1接线，记录AMdc电流。

2. 断电后拆V1a-R1a与R2b-AMdcA，新增V1a-R2b与R1a-AMdcA，其他线保留。

3. 电压仍12V，重新启动；检查电流表极性与前一工况一致。

基础参数：U=12；R1=100；R2=200；R3=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	电流表 / A	中点电压 / V
1	0.03272727	6.545455
2	0.03272727	3.272727

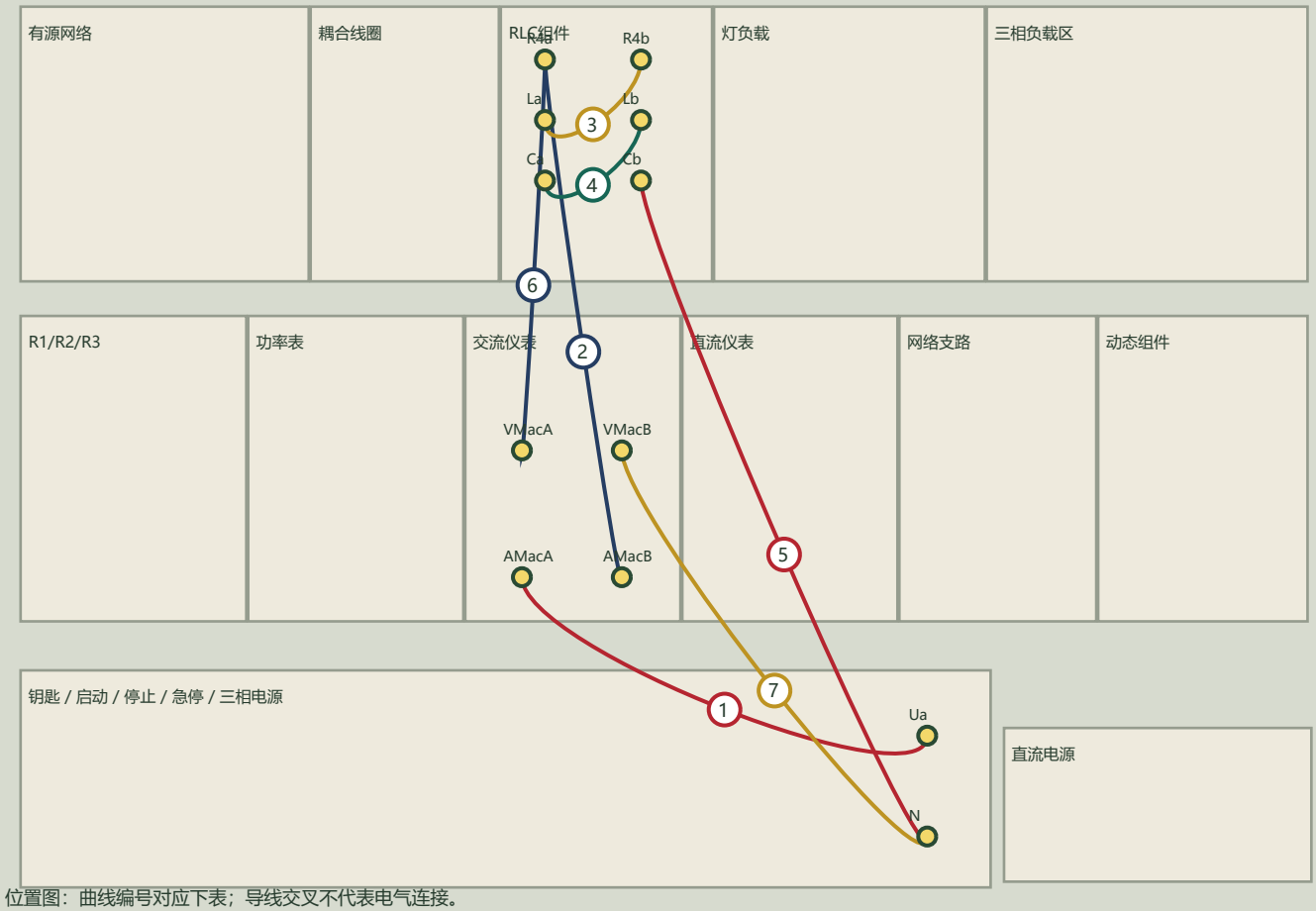
工况：1=端口1激励 / 端口2测流；2=端口2激励 / 端口1测流

T形网络保持不变，交换的是电源与理想电流表的端口位置。理论传输电流=12/(100+200+100×200/300)=0.03272727A。本次两次测量一致；这是短路传输形式的互易验证。

记录要求：记录两工况激励端口、响应端口、源电压及短路响应电流。

07 交流元件参数测量：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	U 相 [Ua]	交流电流表 + [AMacA]
2	交流电流表 - [AMacB]	R4 + [R4a]
3	R4 - [R4b]	L + [La]
4	L - [Lb]	C + [Ca]
5	C - [Cb]	中性线 N [N]
6	交流电压表 + [VMacA]	R4 + [R4a]
7	交流电压表 - [VMacB]	中性线 N [N]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

07 交流元件参数测量：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 先读R4、L、C的电压与同一串联电流。

2. 电压表原接电源两端；需要测单元件时先拆两根表线，再并到该元件a、b端。

3. 依次测R4、L、C；电流表位置不动，下方支路结果给出复数参考值。

基础参数：U=24；f=50；R4=100；L=0.1；C=10。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	R4电压 / V	L电压 / V	C电压 / V	I / A	电流相角 / °
1	7.898492	2.481397	25.14168	0.07898492	70.76564

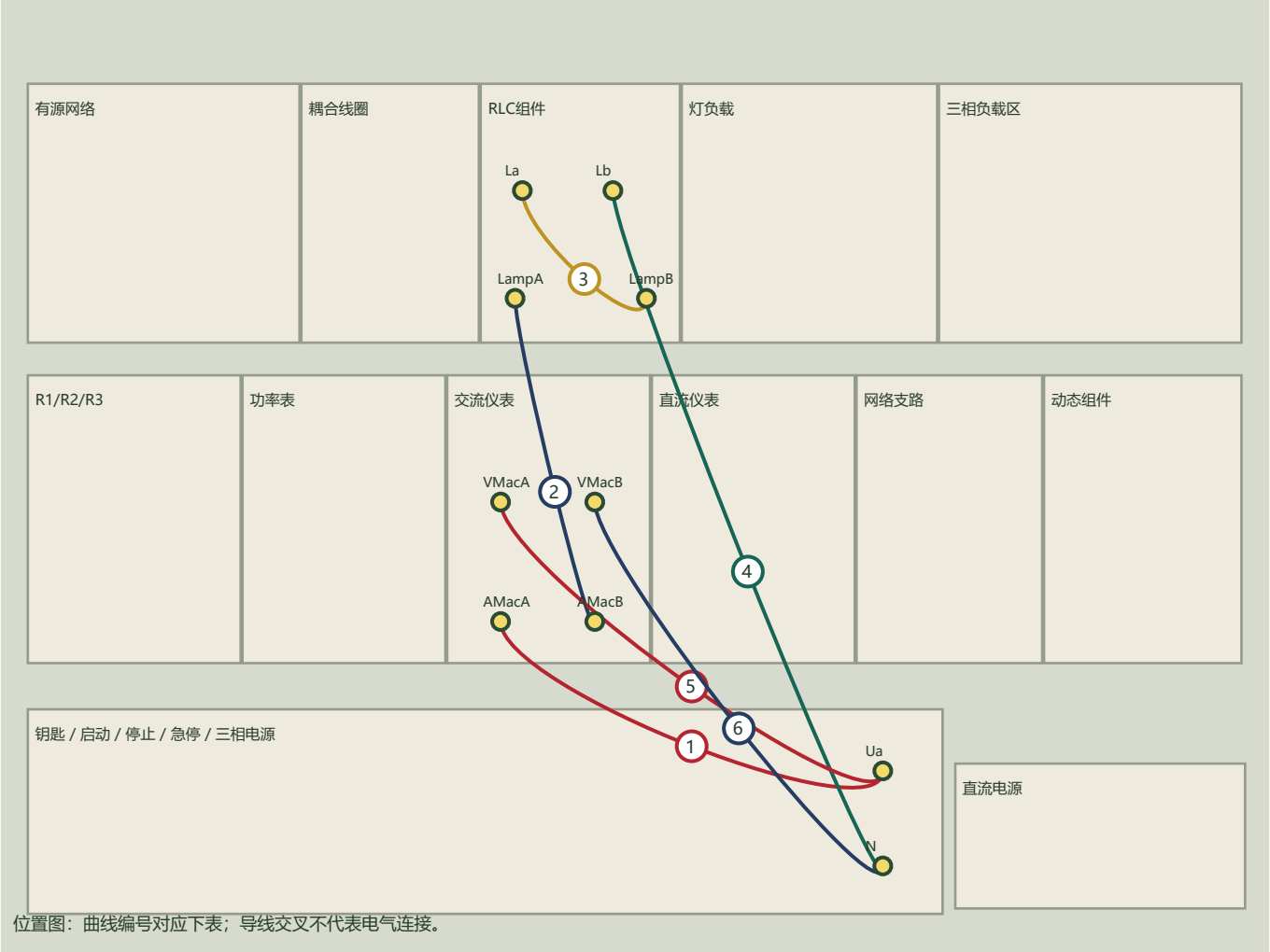
工况：1=50Hz参数测量

电流以电源相位0°为参考。R4=UR/I；L=Im(UL/IL)/(2πf)；C=-1/[2πf·Im(UC/IC)]。线圈模型含0.1Ω损耗，不能直接将UL/I全部当成纯感抗。

记录要求：记录f、U、I、相角、阻抗及推算L、C。

08 荧光灯与功率因数：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	U 相 [Ua]	交流电流表 + [AMacA]
2	交流电流表 - [AMacB]	灯负载 + [LampA]
3	灯负载 - [LampB]	L + [La]
4	L - [Lb]	中性线 N [N]
5	交流电压表 + [VMacA]	U 相 [Ua]
6	交流电压表 - [VMacB]	中性线 N [N]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

08 荧光灯与功率因数：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 工况1不接电容，记录源总电流、P、Q、功率因数。

2. 断电，把C改1μF，新增Ca-AMacB与Cb-N两根线。

3. 启动记录；保留原电流表位置，避免只测灯支路而漏补偿电容电流。

基础参数：U=24；f=50；R4=100；L=0.1；C=10。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	源总电流 / A	P / W	Q / var	功率因数
1	0.0795387	1.898554	0.1987499	0.9945652
2	0.0791099	1.898554	0.01779413	0.9999561

工况：1=补偿前；2=并联1μF补偿后

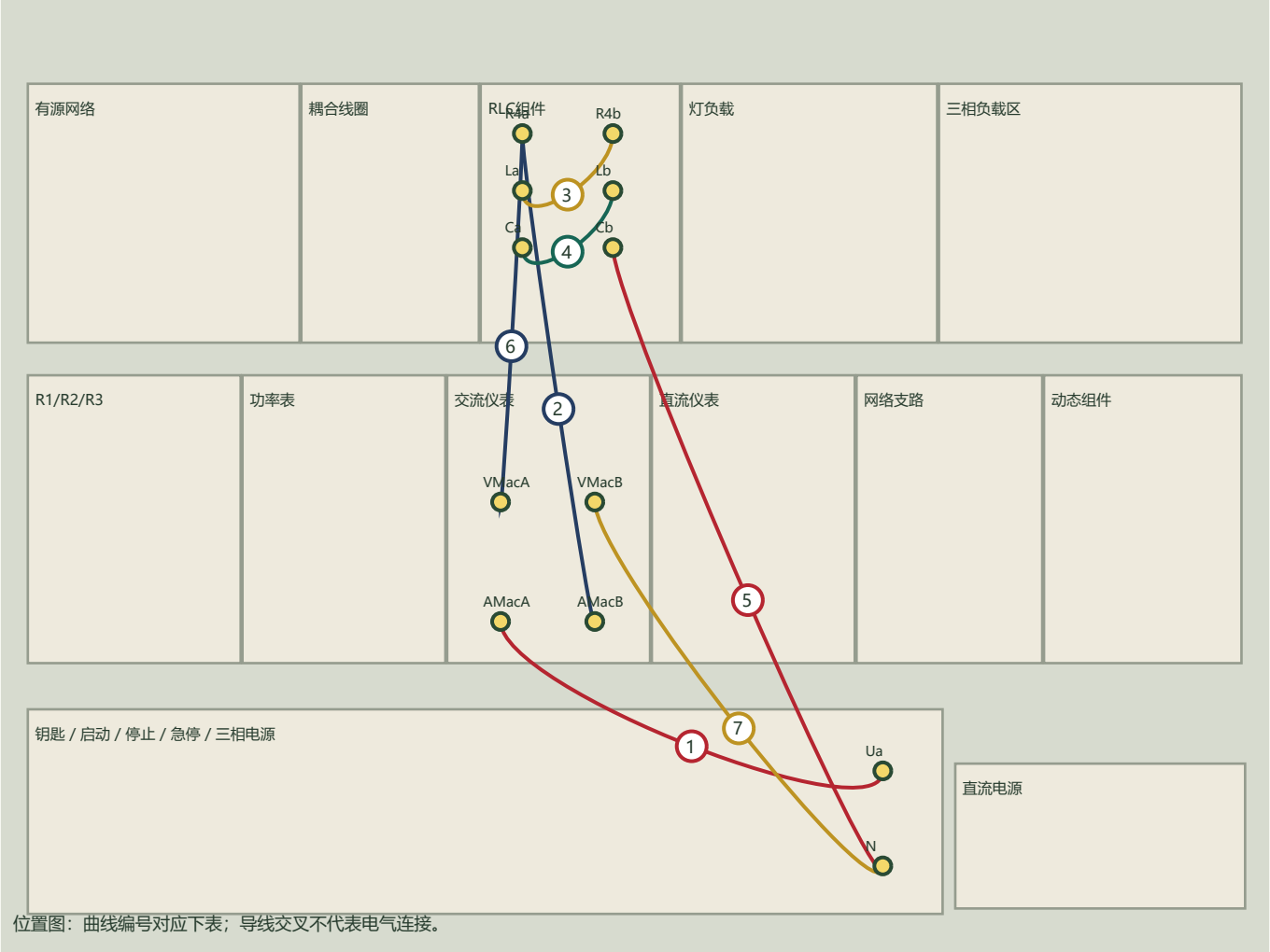
灯管仅按300Ω线性电阻等效，镇流器为0.1Ω+100mH。1μF并联电容的无功为-ωCU²；它应接在总电流表之后。理想补偿不改变有功功率，减小源电流与无功。不能据此研究实灯点火。

操作注意：补偿电容接在总电流表之后，确保测到电源总电流。10μF默认值会过补偿；本次使用1μF。

记录要求：记录补偿前后总电流、P、Q、功率因数。本模型不模拟启辉器和气体放电。

09 RLC串联谐振：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	U 相 [Ua]	交流电流表 + [AMacA]
2	交流电流表 - [AMacB]	R4 + [R4a]
3	R4 - [R4b]	L + [La]
4	L - [Lb]	C + [Ca]
5	C - [Cb]	中性线 N [N]
6	交流电压表 + [VMacA]	R4 + [R4a]
7	交流电压表 - [VMacB]	中性线 N [N]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

09 RLC串联谐振：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 保持接线，依次设置结果表9个频点；每改一次频率都重新启动。

2. 至少包含理论f0=159.154943Hz的工况，找最大电流。

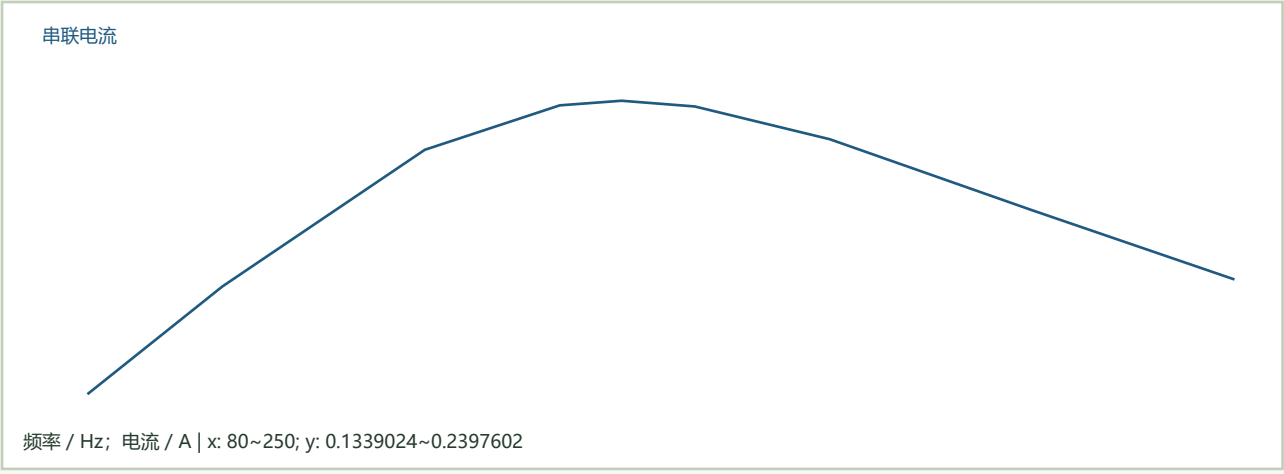
3. 如需实测UL、UC，分别将电压表并接对应元件；不能把总电压表当元件电压。

基础参数：U=24；f=80；R4=100；L=0.1；C=10。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	f / Hz	I / A	UL / V	UC / V
1	80	0.1339024	6.73068	26.63903
2	100	0.1727641	10.8551	27.49626
3	130	0.222068	18.13884	27.1871
4	150	0.2380961	22.44004	25.26278
5	159.1549	0.2397602	23.97604	23.97602
6	170	0.2377044	25.3902	22.25402
7	190	0.2258888	26.96673	18.92174
8	220	0.2002707	27.68344	14.48822
9	250	0.1752859	27.53384	11.15904

工况：1=f=80.0000Hz；2=f=100.0000Hz；3=f=130.0000Hz；4=f=150.0000Hz；5=f=159.1549Hz；6=f=170.0000Hz；7=f=190.0000Hz；8=f=220.0000Hz；9=f=250.0000Hz

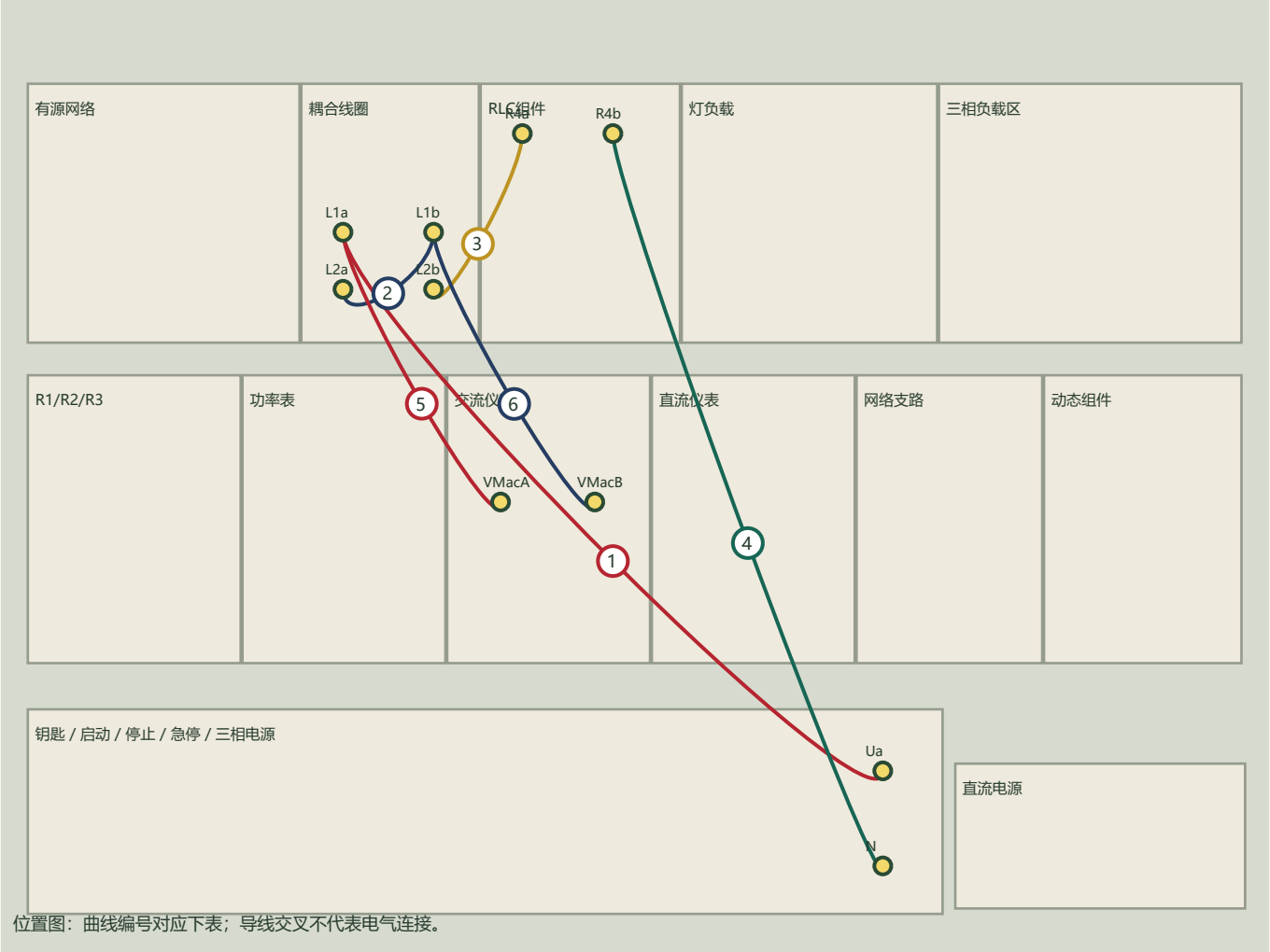
理论谐振频率f0=1/(2π√LC)=159.154943Hz，串联总电阻100.1Ω。峰值电流24/100.1=0.23976024A。UL包含电感损耗压降，因此在谐振时其幅值与UC有微小差别。



记录要求：记录f、U、I、UL、UC及谐振频率。

10 耦合线圈参数：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	U 相 [Ua]	L1 + [L1a]
2	L1 - [L1b]	L2 + [L2a]
3	L2 - [L2b]	R4 + [R4a]
4	R4 - [R4b]	中性线 N [N]
5	交流电压表 + [VMacA]	L1 + [L1a]
6	交流电压表 - [VMacB]	L1 - [L1b]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

10 耦合线圈参数：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 工况1设L1=L2=0.1H、k=0.5，记录电流。

2. 工况2只改k=-0.5，接线不变；重新启动记录。

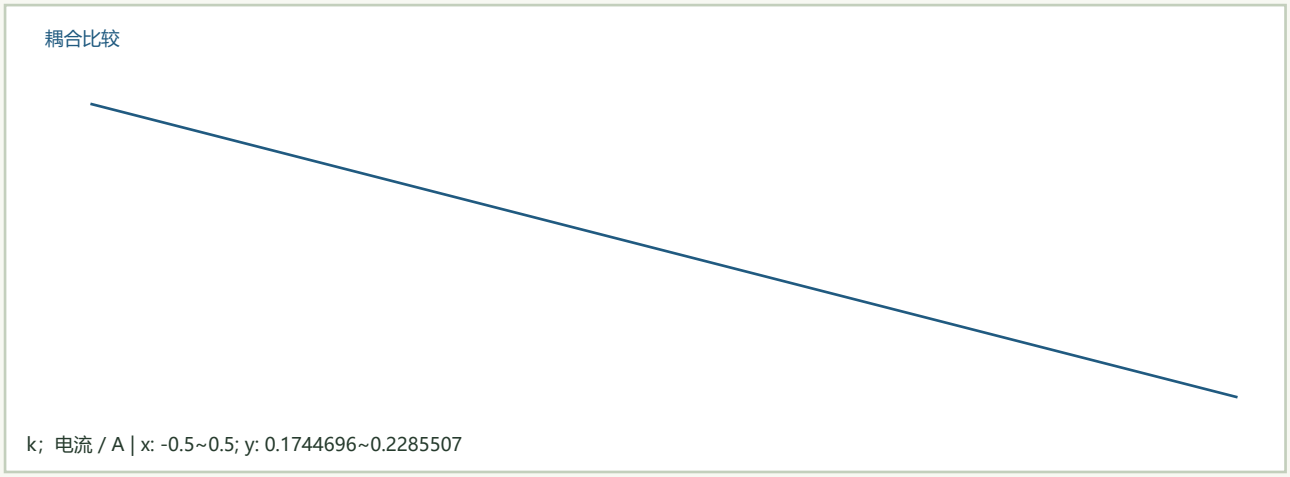
3. 用顺反接电流与等效电感公式核对；同名端在模型中均为a端。

基础参数：U=24；f=50；R4=100；L1=0.1；L2=0.1；k=0.5。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	k	I / A	等效L / H
1	0.5	0.1744696	0.3
2	-0.5	0.2285507	0.1

工况：1=顺接k=+0.5；2=反接k=-0.5

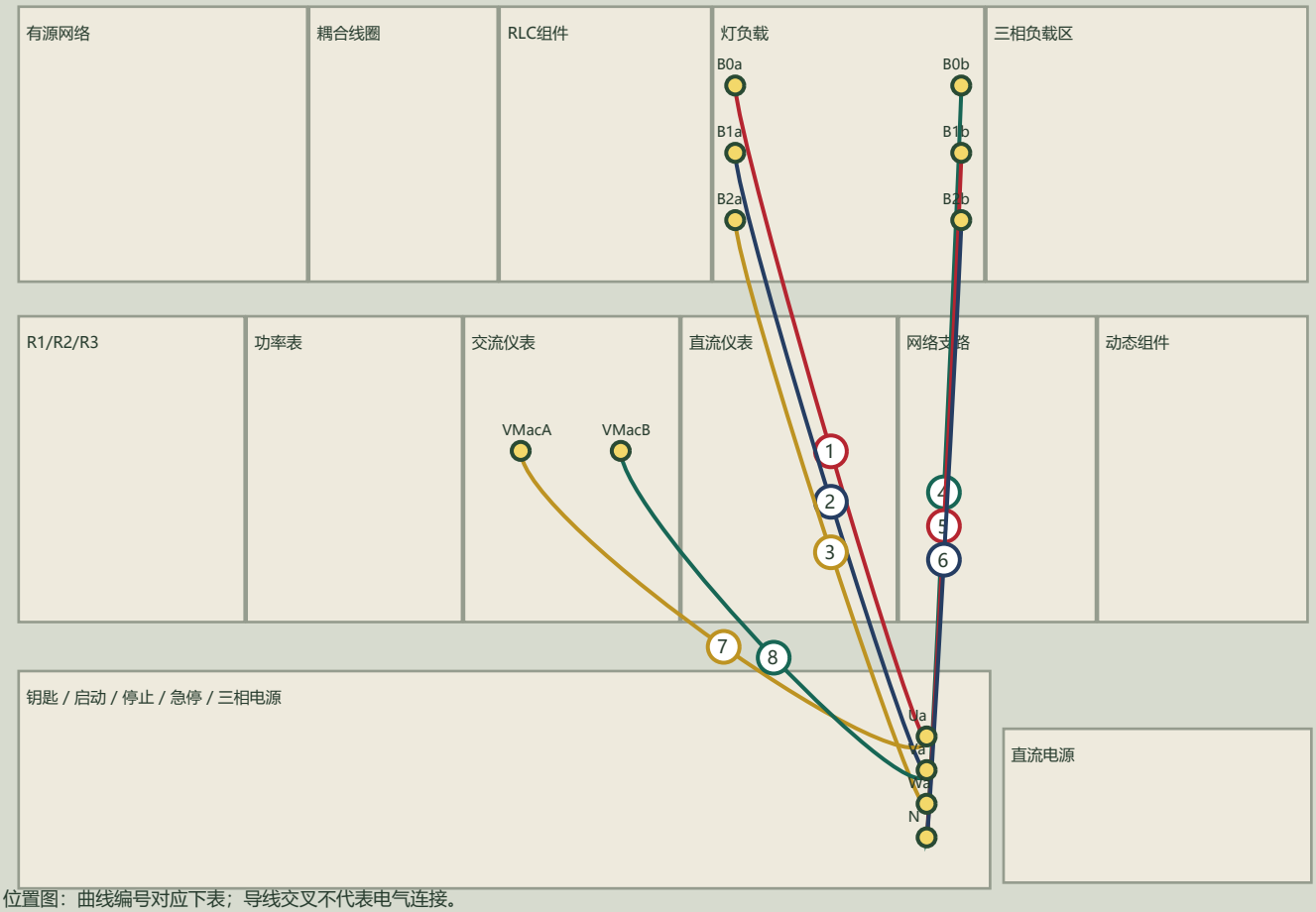
M=k√(L1L2)，顺接等效电感0.3H、反接0.1H；总线圈损耗0.2Ω。解析电流I=24/|100.2+jωLeq|。本模型以k正负改变耦合符号，不额外交换端子。



记录要求：记录k、接法、U、I、等效L。

11 三相电压、电流与相序：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	U 相 [Ua]	负载 U [B0a]
2	V 相 [Va]	负载 V [B1a]
3	W 相 [Wa]	负载 W [B2a]
4	负载 X [B0b]	中性线 N [N]
5	负载 Y [B1b]	中性线 N [N]
6	负载 Z [B2b]	中性线 N [N]
7	交流电压表 + [VMacA]	U 相 [Ua]
8	交流电压表 - [VMacB]	V 相 [Va]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

11 三相电压、电流与相序：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 正相序、三相负载300Ω，读线电压和三个支路电流。

2. 切换逆相序重新启动，幅值不变，相角顺序改变。

3. 在逆相序下设B0=150、B1=300、B2=600Ω，重新启动；N线保留。

基础参数：U=24；f=50；B0=300；B1=300；B2=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	线电压 / V	B0电流 / A	B1电流 / A	B2电流 / A	B1电流角 / °
1	41.56922	0.08	0.08	0.08	-120
2	41.56922	0.08	0.08	0.08	120
3	41.56922	0.16	0.08	0.04	120

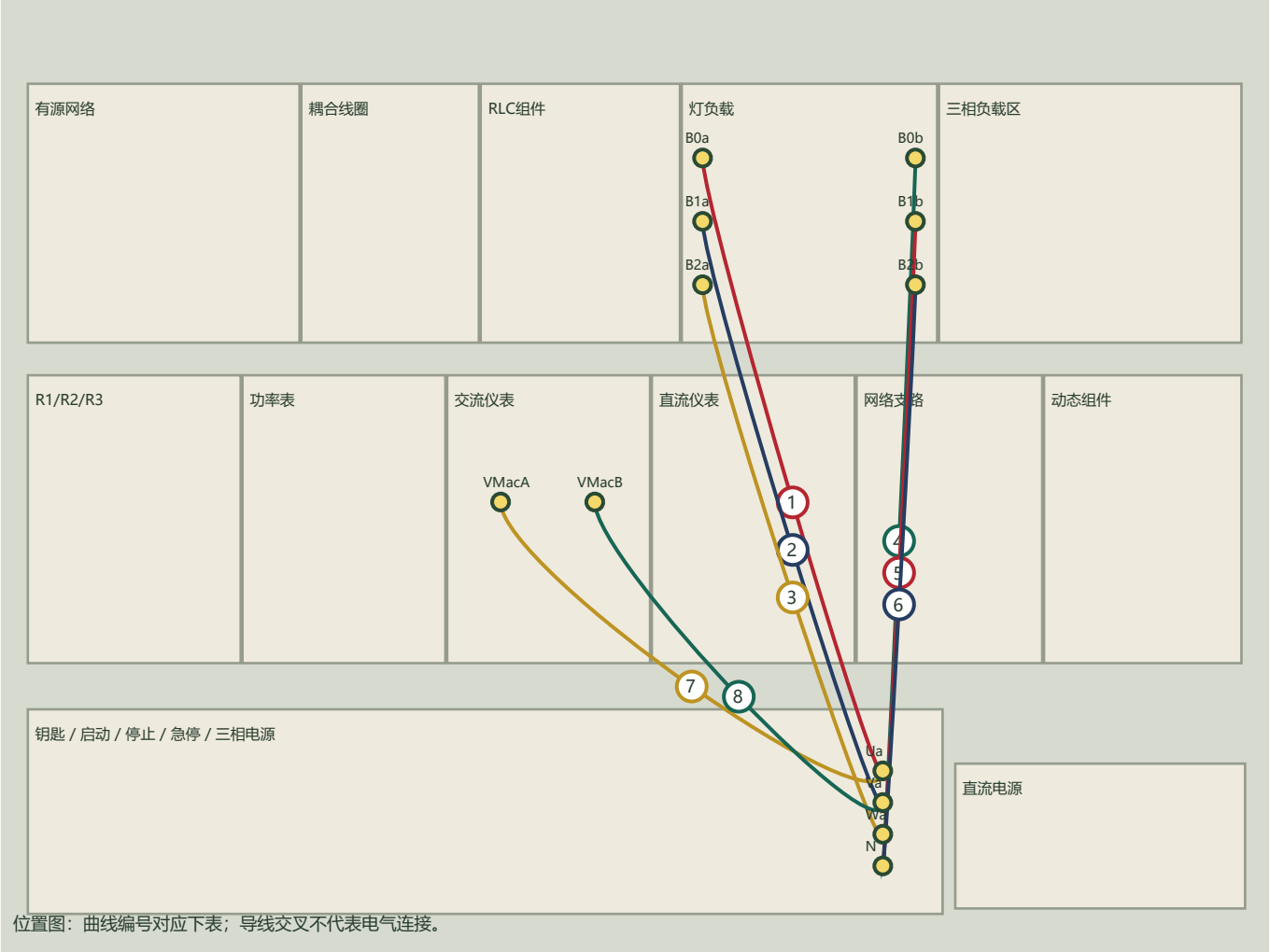
工况：1=正相序平衡；2=逆相序平衡；3=逆相序不平衡

源相电压24V有效值，线电压为√3×24=41.569219V。正相序相角为0°、-120°、+120°；反相序交换后两相。保持中性线连接，不平衡负载下相电压仍为24V。

记录要求：记录线相电压、三相电流与相角；相序由源相角定义。

12 三相功率：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程



位置图：曲线编号对应下表；导线交叉不代表电气连接。

线号	起点端子	终点端子
1	U 相 [Ua]	负载 U [B0a]
2	V 相 [Va]	负载 V [B1a]
3	W 相 [Wa]	负载 W [B2a]
4	负载 X [B0b]	中性线 N [N]
5	负载 Y [B1b]	中性线 N [N]
6	负载 Z [B2b]	中性线 N [N]
7	交流电压表 + [VMacA]	U 相 [Ua]
8	交流电压表 - [VMacB]	V 相 [Va]

先接上表导线，再设置下一页参数。互易第二工况和荧光灯补偿工况的改线详见操作步骤；完整改线图在网页版选择对应工况。

12 三相功率：操作与结果

每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

1. 先用三相300Ω平衡负载，记录各相功率和总功率。

2. 再改B0=150、B1=300、B2=600Ω，重新启动。

3. 不平衡时直接求三相功率和，不套单一线电流的平衡功率公式。

基础参数：U=24；f=50；B0=300；B1=300；B2=300。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	B0 P / W	B1 P / W	B2 P / W	总P / W
1	1.92	1.92	1.92	5.76
2	3.84	1.92	0.96	6.72

工况：1=平衡负载；2=不平衡负载

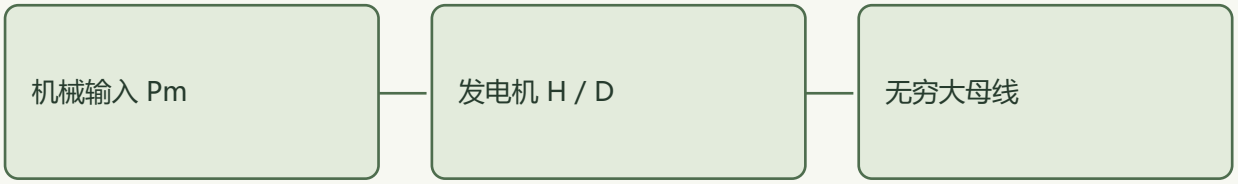
平衡时每相300Ω，总P=3×24²/300=5.76W。不平衡时150/300/600Ω，总P=6.72W。自动功率读数来自负载支路求和，并非两瓦特表实物接法验证。

记录要求：记录各相与总P、Q、S。本版功率表为自动计算，不模拟实体瓦特表接法。

13 机电暂态仿真：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程

数字模型结构（不接面板香蕉线）



机电模型：dδ/dt=ω；dω/dt=(πf0/H)[Pm-Pmax(t)sinδ-Dω/(2πf0)]。D=2为固定默认值，f0=50Hz。

全部操作

1. 无需接香蕉线：侧栏参数即数字系统模型。设置H=3.5、Pm=0.8、Pmax=1.8。

2. 设fault=0.3、clear=0.45、end=5、dt=0.001，启动并导出波形。

3. 改clear=0.55重复；再恢复0.45，把dt改0.0005做半步长核对。

求解器为四阶Runge-Kutta，步长需满足页面校验。这里只是教学子系统，不使用PSASP或PSCAD。

13 机电暂态仿真：操作与结果

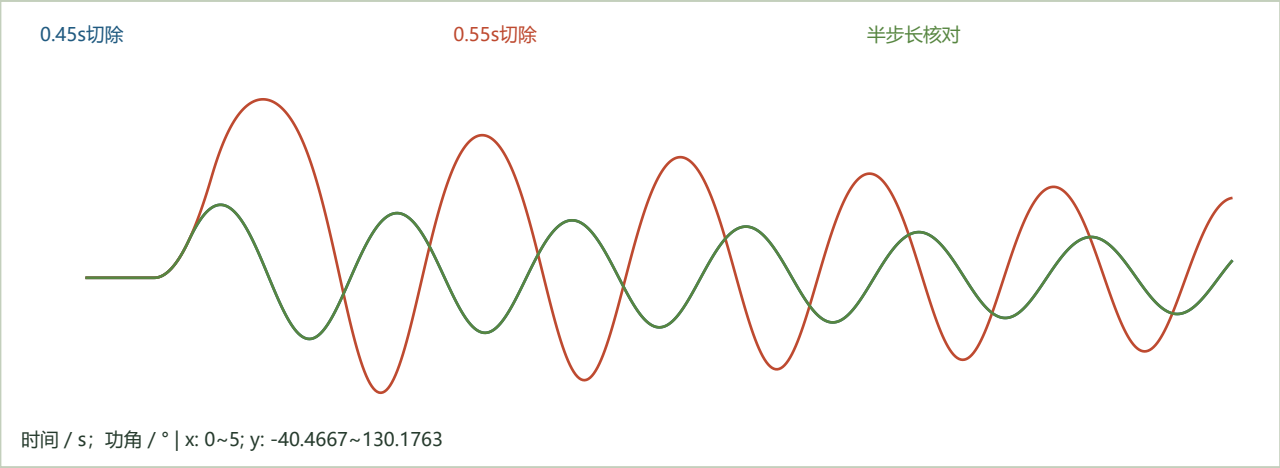
每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

基础参数：H=3.5；Pm=0.8；Pmax=1.8；fault=0.3；clear=0.45；end=5；dt=0.001。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	切除 / s	最大功角 / °	最高频率 / Hz	末功角 / °
1	0.45	68.84182	50.84724	36.56362
2	0.55	130.1795	51.59495	72.8506
3	0.45	68.84182	50.84724	36.56362

工况：1=0.45s切除；2=0.55s切除；3=半步长核对

初始功角asin(0.8/1.8)=26.3878°。0.3s故障，传输功率上限降为5%，在指定切除时刻恢复。通过延迟切除观察摆动增大；有限5s曲线不能代替严格稳定性判定或临界切除时间搜索。



记录要求：记录时间、功角δ、频率f、故障与切除时刻。

14 电磁暂态仿真：接线图

图按当前平台端子坐标绘制；主题编号仅用于本教程

数字模型结构（不接面板香蕉线）



电磁模型：duC/dt=iL/C；diL/dt=(U-RiL-uC)/L。零状态合闸，R取参数栏R4；L、C取同名参数。

全部操作

1. 无需接香蕉线：独立RLC状态模型，不读取面板Rd/Ld/Cd端子。
2. 设U=12、L=0.1H、C=10μF、end=0.05s、dt=0.00001s。
3. 依次设R4=100、200、400Ω，启动并导出各组波形。
4. 恢复R4=100Ω、dt=0.000005s，做收敛比较。

求解器为四阶Runge-Kutta，步长需满足页面校验。这里只是教学子系统，不使用PSASP或PSCAD。

14 电磁暂态仿真：操作与结果

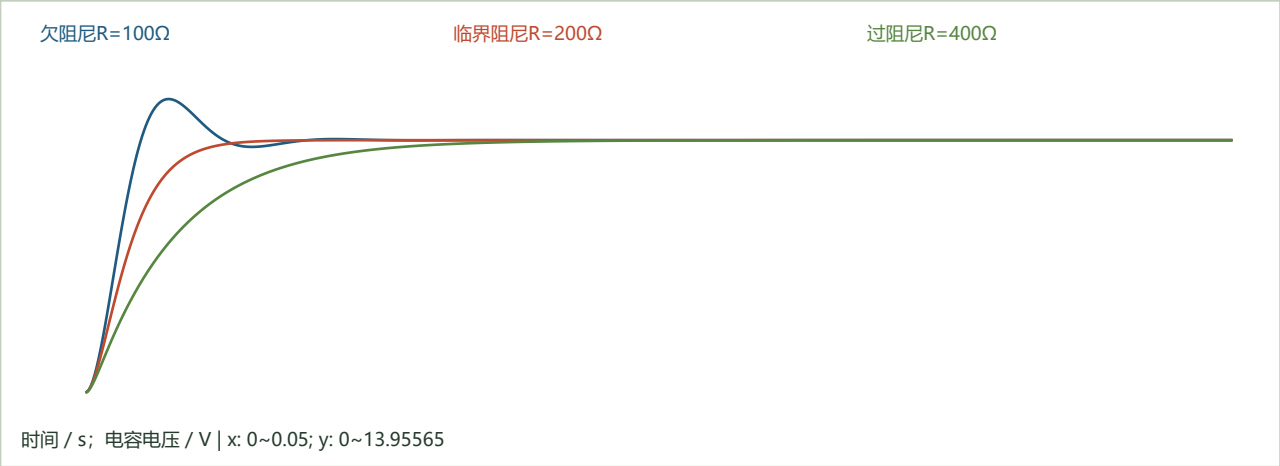
每组JSON和原始数值见同目录图示网页版 / verification目录

基础参数：U=12；R4=100；L=0.1；C=10；end=0.05；dt=1e-05。电阻Ω，电感H，C为μF；电压V，频率Hz，时间s。

工况	R / Ω	uC峰值 / V	iL峰值 / A	末uC / V
1	100	13.9564	0.06555514	12
2	200	12	0.04414553	12
3	400	11.99998	0.02622727	11.99998
4	100	13.9564	0.06555514	12

工况：1=欠阻尼R=100Ω；2=临界阻尼R=200Ω；3=过阻尼R=400Ω；4=半步长核对

初始电容电压、电感电流均为0，输入12V直流阶跃。临界阻尼Rcrit=2√(L/C)=200Ω；100/200/400Ω分别欠阻尼、临界、过阻尼。稳态uC=12V、iL趋于0；全时域解析解与RK4核对。



记录要求：记录t、uC、iL、峰值、稳态电压与步长。