

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

开关电源模块并联供电系统（第1 题）

一、任务

设计并制作一个由两个额定输出功率均为 16W 的 8V DC/DC 模块构成的并联供电系统（见图 1）。

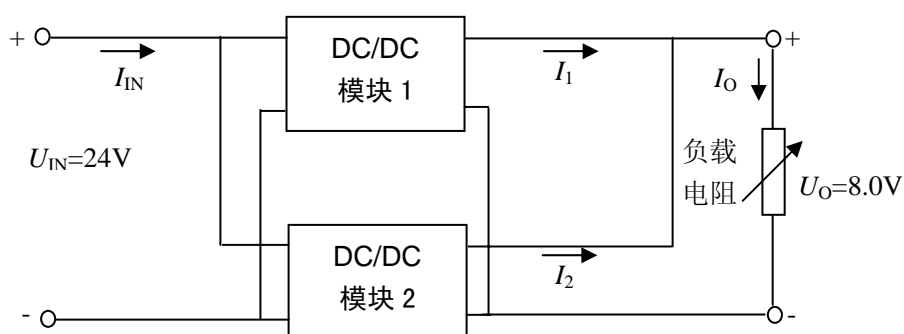


图 1 两个 DC/DC 模块并联供电系统主电路示意图

二、要求

1.基本要求

- （1）调整负载电阻至额定输出功率工作状态，供电系统的直流输出电压 $U_O = 8.0 \pm 0.4V$ 。
- （2）额定输出功率工作状态下，供电系统的效率不低于 60% 。
- （3）调整负载电阻，保持输出电压 $U_O = 8.0 \pm 0.4V$ ，使两个模块输出电流之和 $I_O = 1.0A$ 且按 $I_1:I_2 = 1:1$ 模式自动分配电流，每个模块的输出电流的相对误差绝对值不大于 5%。
- （4）调整负载电阻，保持输出电压 $U_O = 8.0 \pm 0.4V$ ，使两个模块输出电流之和 $I_O = 1.5A$ 且按 $I_1:I_2 = 1:2$ 模式自动分配电流，每个模块输出电流的相对误

差绝对值不大于 5%。

2. 发挥部分

(1) 调整负载电阻, 保持输出电压 $U_O=8.0\pm0.4V$, 使负载电流 I_O 在 1.5~3.5A 之间变化时, 两个模块的输出电流可在 (0.5~2.0) 范围内按指定的比例自动分配, 每个模块的输出电流相对误差的绝对值不大于 2%。

(2) 调整负载电阻, 保持输出电压 $U_O=8.0\pm0.4V$, 使两个模块输出电流之和 $I_O=4.0A$ 且按 $I_1:I_2=1:1$ 模式自动分配电流, 每个模块的输出电流的相对误差的绝对值不大于 2%。

(3) 额定输出功率工作状态下, 进一步提高供电系统效率。

(4) 具有负载短路保护及自动恢复功能, 保护阈值电流为 4.5A (调试时允许有 $\pm0.2A$ 的偏差)。

(5) 其他。

三、 评分标准

项 目			
设计报告	报告要点	主要内容	满分
	系统方案	比较与选择、方案描述	2
	理论分析与计算	DC/DC 变换器稳压方法; 电流电压检测; 均流方法; 过流保护。	8
	电路设计	主电路、测控电路原理图及说明	6
	测试结果	测试结果完整性、测试结果分析	2
	结构及规范性	摘要、设计报告正文的结构及图表规范性	2
	总分		20
基本要求	实际制作情况		50
发挥部分	完成第 (1) 项		20
	完成第 (2) 项		10
	完成第 (3) 项		10
	完成第 (4) 项		5
	完成第 (5) 项		5
	总分		50

四、 说明

(1) 不允许使用线性电源及成品的 DC/DC 模块。

- (2) 供电系统含测控电路并由 U_{IN} 供电，其能耗纳入系统效率计算。
- (3) 除负载电阻为手动调整以及发挥部分(1)由手动设定电流比例外，其他功能的测试过程均不允许手动干预。
- (4) 供电系统应留出 U_{IN} 、 U_O 、 I_{IN} 、 I_O 、 I_1 、 I_2 参数的测试端子，供测试时使用。
- (5) 每项测量须在 5 秒钟内给出稳定读数。
- (6) 设计制作时，应充分考虑系统散热问题，保证测试过程中系统能连续安全工作。

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

单相 AC-DC 变换电路（第2 题）

一、任务

设计并制作如图 1 所示的单相 AC-DC 变换电路。输出直流电压稳定在 36V，输出电流额定值为 2A。

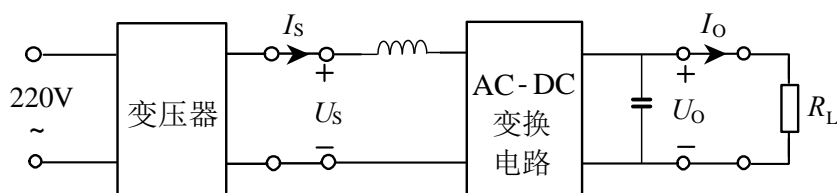


图 1 单相 AC-DC 变换电路原理框图

二、要求

1. 基本要求

- (1) 在输入交流电压 $U_s=24V$ 、输出直流电流 $I_o=2A$ 条件下，使输出直流电压 $U_o=36V \pm 0.1V$ 。
- (2) 当 $U_s=24V$ ， I_o 在 $0.2A \sim 2.0A$ 范围内变化时，负载调整率 $S_I \leq 0.5\%$ 。
- (3) 当 $I_o=2A$ ， U_s 在 $20V \sim 30V$ 范围内变化时，电压调整率 $S_U \leq 0.5\%$ 。
- (4) 设计并制作功率因数测量电路，实现 AC-DC 变换电路输入侧功率因数的测量，测量误差绝对值不大于 0.03。
- (5) 具有输出过流保护功能，动作电流为 $2.5A \pm 0.2A$ 。

2. 发挥部分

- (1) 实现功率因数校正，在 $U_s=24V$ ， $I_o=2A$ ， $U_o=36V$ 条件下，使 AC-DC 变换电路交流输入侧功率因数不低于 0.98。
- (2) 在 $U_s=24V$ ， $I_o=2A$ ， $U_o=36V$ 条件下，使 AC-DC 变换电路效率不低于 95%。
- (3) 能够根据设定自动调整功率因数，功率因数调整范围不小于 0.80~1.00，稳态误差绝对值不大于 0.03。
- (4) 其他。

三、说明

1. 图 1 中的变压器由自耦变压器和隔离变压器构成。
2. 题中交流参数均为有效值，AC-DC 电路效率 $\eta = \frac{P_o}{P_s} \times 100\%$ ，其中 $P_o = U_o I_o$ ， $P_s = U_s I_s$ 。
3. 本题定义：(1) 负载调整率 $S_I = \left| \frac{U_{o2} - U_{o1}}{U_{o1}} \right| \times 100\%$ ，其中 U_{o1} 为 $I_o=0.2A$ 时的直流输出电压， U_{o2} 为 $I_o=2.0A$ 时的直流输出电压；(2) 电压调整率 $S_U = \left| \frac{U_{o2} - U_{o1}}{U_{o1}} \right| \times 100\%$ ， U_{o1} 为 $U_s=20V$ 时的直流输出电压， U_{o2} 为 $U_s=30V$ 时的直流输出电压。
4. 交流功率和功率因数测量可采用数字式电参数测量仪。
5. 辅助电源由 220V 工频供电，可购买电源模块（亦可自制），作为作品的组成部分。测试时，不再另行提供稳压电源。
6. 制作时须考虑测试方便，合理设置测试点，参考图 1。

四、评分标准

	项 目	主要内容	满 分
设计 报告	方案论证	比较与选择 方案描述	3
	理论分析与计算	提高效率的方法 功率因数调整方法 稳压控制方法	6
	电路与程序设计	主回路与器件选择 控制电路与控制程序 保护电路	6
	测试方案与测试结果	测试方案及测试条件 测试结果及其完整性 测试结果分析	3
	设计报告结构及规范性	摘要、设计报告正文结构、公式、 图表的规范性	2
	总分		20
基本 要求	完成（1）		8
	完成（2）		12
	完成（3）		12
	完成（4）		12
	完成（5）		6
	总分		50
发挥 部分	完成（1）		15
	完成（2）		15
	完成（3）		15
	其他		5
	总分		50

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

双向 DC-DC 变换器（第3 题）

一、任务

设计并制作用于电池储能装置的双向 DC-DC 变换器，实现电池的充放电功能，功能可由按键设定，亦可自动转换。系统结构如图 1 所示，图中除直流稳压电源外，其他器件均需自备。电池组由 5 节 18650 型、容量 2000~3000mAh 的锂离子电池串联组成。所用电阻阻值误差的绝对值不大于 5%。

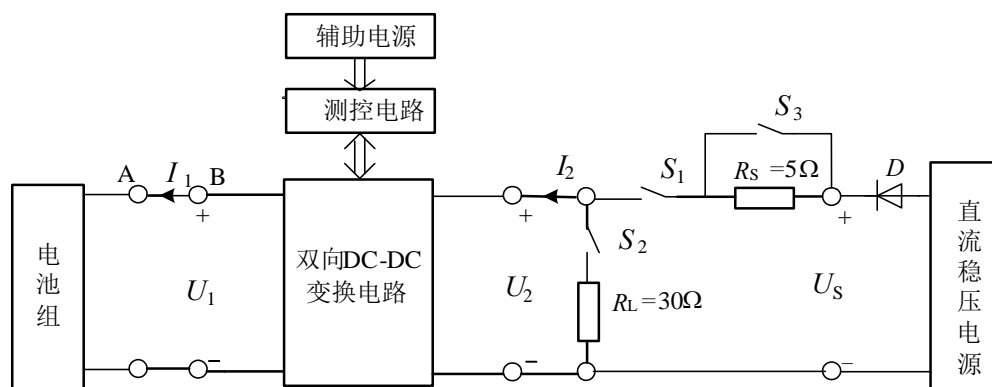


图 1 电池储能装置结构框图

二、要求

1. 基本要求

接通 S_1 、 S_3 ，断开 S_2 ，将装置设定为充电模式。

- (1) $U_2=30V$ 条件下，实现对电池恒流充电。充电电流 I_1 在 1~2A 范围内步进可调，步进值不大于 0.1A，电流控制精度不低于 5%。
- (2) 设定 $I_1=2A$ ，调整直流稳压电源输出电压，使 U_2 在 24~36V 范围内变化时，要求充电电流 I_1 的变化率不大于 1%。
- (3) 设定 $I_1=2A$ ，在 $U_2=30V$ 条件下，变换器的效率 $\eta_1 \geq 90\%$ 。
- (4) 测量并显示充电电流 I_1 ，在 $I_1=1\sim 2A$ 范围内测量精度不低于 2%。
- (5) 具有过充保护功能：设定 $I_1=2A$ ，当 U_1 超过阈值 $U_{1th}=24\pm 0.5V$ 时，停止充电。

2. 发挥部分

- (1) 断开 S_1 、接通 S_2 ，将装置设定为放电模式，保持 $U_2=30\pm0.5V$ ，此时变换器效率 $\eta_2 \geq 95\%$ 。
- (2) 接通 S_1 、 S_2 ，断开 S_3 ，调整直流稳压电源输出电压，使 U_s 在 32~38V 范围内变化时，双向 DC-DC 电路能够自动转换工作模式并保持 $U_2=30\pm0.5V$ 。
- (3) 在满足要求的前提下简化结构、减轻重量，使双向 DC-DC 变换器、测控电路与辅助电源三部分的总重量不大于 500g。
- (4) 其他。

三、说明

1. 要求采用带保护板的电池，使用前认真阅读所用电池的技术资料，学会估算电池的荷电状态，保证电池全过程的使用安全。
2. 电池组不需封装在作品内，测试时自行携带至测试场地；测试前电池初始状态由参赛队员自定，测试过程中不允许更换电池。
2. 基本要求（1）中的电流控制精度定义为 $e_{ic} = \left| \frac{I_1 - I_{10}}{I_{10}} \right| \times 100\%$ ，其中 I_1 为实际电流、 I_{10} 为设定值。
3. 基本要求（2）电流变化率的计算方法：设 $U_2=36V$ 时，充电电流值为 I_{11} ； $U_2=30V$ 时，充电电流值为 I_1 ； $U_2=24V$ 时，充电电流值为 I_{12} ，则 $S_{I1} = \left| \frac{I_{11} - I_{12}}{I_1} \right| \times 100\%$ 。
4. DC-DC 变换器效率 $\eta_1 = \left| \frac{P_1}{P_2} \right| \times 100\%$ 、 $\eta_2 = \left| \frac{P_2}{P_1} \right| \times 100\%$ ，其中 $P_1 = U_1 \cdot I_1$ ， $P_2 = U_2 \cdot I_2$ 。
5. 基本要求（5）的测试方法：在图 1 的 A、B 点之间串入滑线变阻器，使 U_1 增加。
6. 辅助电源需自制或自备，可由直流稳压电源（ U_s 处）或工频电源（220V）为其供电。
7. 作品应能连续安全工作足够长时间，测试期间不能出现过热等故障。
8. 制作时应合理设置测试点（参考图 1），以方便测试；为方便测重，应能较方便的将双向 DC-DC 变换器、测控电路与辅助电源三部分与其他部分分开。
9. 设计报告正文中应包括系统总体框图、核心电路原理图、主要流程图、主要的测试结果。完整的电路原理图、重要的源程序和完整的测试结果可用附件给出，在附件中提供作品较清晰的照片。

四、评分标准

	项 目	主要内容	满 分
设计报告	方案论证	比较与选择；方案描述。	2
	电路与 程序设计	双向 DC-DC 主回路与器件选择； 测量控制电路、控制程序。	5
	理论分析 与计算	主回路主要器件参数选择及计算； 控制方法与参数计算； 提高效率的方法。	5
	测试方案 与测试结果	测试方案及测试条件； 测试结果及其完整性； 测试结果分析。	5
	结构及 规范性	摘要的规范性； 设计报告正文的结构； 图表的规范性。	3
	小 计		20
基本要求	完成第（1）项		16
	完成第（2）项		10
	完成第（3）项		10
	完成第（4）项		8
	完成第（5）项		6
	小 计		50
发挥部分	完成第（1）项		20
	完成第（2）项		20
	完成第（3）项		5
	其他		5
	小计		50
总分			120

2020 年大连理工大学电子设计竞赛试题

微电网模拟系统（第4 题）

一、任务

设计并制作由两个三相逆变器组成的微电网模拟系统，其系统框图如图 1 所示，负载为三相对称 Y 连接电阻负载。

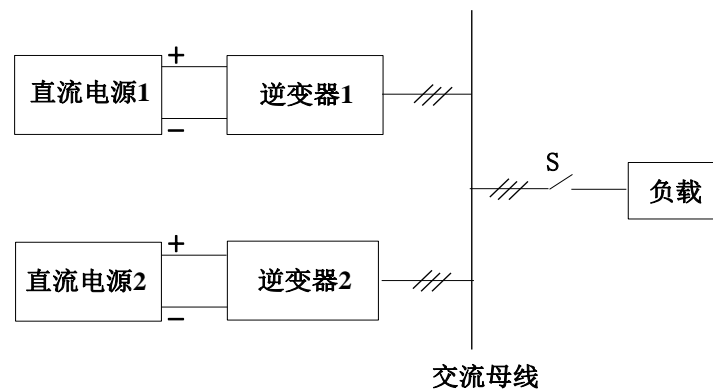


图 1 微电网模拟系统结构示意图

二、要求

1. 基本要求

- (1) 闭合 S，仅用逆变器 1 向负载提供三相对称交流电。负载线电流有效值 I_o 为 2A 时，线电压有效值 U_o 为 $24V \pm 0.2V$ ，频率 f_o 为 $50Hz \pm 0.2Hz$ 。

- (2) 在基本要求(1)的工作条件下,交流母线电压总谐波畸变率(THD)不大于3%。
- (3) 在基本要求(1)的工作条件下,逆变器1的效率 η 不低于87%。
- (4) 逆变器1给负载供电,负载线电流有效值 I_o 在0~2A间变化时,负载调整率 $S_{11} \leq 0.3\%$ 。

2. 发挥部分

- (1) 逆变器1和逆变器2能共同向负载输出功率,使负载线电流有效值 I_o 达到3A,频率 f_o 为50Hz ± 0.2 Hz。
- (2) 负载线电流有效值 I_o 在1~3A间变化时,逆变器1和逆变器2输出功率保持为1:1分配,两个逆变器输出线电流的差值绝对值不大于0.1A。负载调整率 $S_{12} \leq 0.3\%$ 。
- (3) 负载线电流有效值 I_o 在1~3A间变化时,逆变器1和逆变器2输出功率可按设定在指定范围(比值K为1:2~2:1)内自动分配,两个逆变器输出线电流折算值的差值绝对值不大于0.1A。
- (4) 其他。

三、说明

- (1) 本题涉及的微电网系统未考虑并网功能,负荷为电阻性负载,微电网中风力发电、太阳能发电、储能等由直流电源等效。
- (2) 题目中提及的电流、电压值均为三相线电流、线电压有效值。
- (3) 制作时须考虑测试方便,合理设置测试点,测试过程中不需重新接线。
- (4) 为方便测试,可使用功率分析仪等测试逆变器的效率、THD等。
- (5) 进行基本要求测试时,微电网模拟系统仅由直流电源1供电;进行发挥部分测试时,微电网模拟系统仅由直流电源1和直流电源2供电。
- (6) 本题定义:(1)负载调整率 $S_{11} = \left| \frac{U_{o2} - U_{o1}}{U_{o1}} \right|$,其中 U_{o1} 为 $I_o=0$ A时的输出端线电压, U_{o2} 为 $I_o=2$ A时的输出端线电压;(2)负载调整率 $S_{12} = \left| \frac{U_{o2} - U_{o1}}{U_{o1}} \right|$,其中 U_{o1} 为 $I_o=1$ A时的输出端线电压, U_{o2} 为 $I_o=3$ A时的输出端线电压;(3)逆变器1的效率 η 为逆变器1输出功率除以直流电源1的输出功率。
- (7) 发挥部分(3)中的线电流折算值定义:功率比值 $K>1$ 时,其中电流值小者乘以K,电流值大者不变;功率比值 $K<1$ 时,其中电流值小者除以K,电流值大者不变。
- (8) 本题的直流电源1和直流电源2自备。

四、评分标准

	项 目	主要内容	满分
设计报告	方案论证	比较与选择， 方案描述	3
	理论分析与计算	逆变器提高效率的方法， 两台逆变器同时运行模式控制策略	6
	电路与程序设计	逆变器主电路与器件选择， 控制电路与控制程序	6
	测试方案与测试结果	测试方案及测试条件， 测试结果及其完整性， 测试结果分析	3
	设计报告结构及规范性	摘要， 设计报告正文的结构， 图标的规范性	2
	合计		20
基本要求	完成第（1）项		12
	完成第（2）项		10
	完成第（3）项		15
	完成第（4）项		13
	合计		50
发挥部分	完成第（1）项		10
	完成第（2）项		15
	完成第（3）项		15
	其他		10
	合计		50
总 分			120