锂电池+双向dcdc充放电 🕹

- 基本原理和波形的核对,所有的模块双击会有help,可以参考着学习
- 仿真文件

仿真文件统一存放再 gitee 远程仓库下: gitee远程仓库url 🗘

↑ Matlab Version: R2022

- # base_path = "LithiumIonBattery/BidirectionalDCDC_BatteryCharge" # 参考git 仓库目录
- ./Battery_charge_discharge_ChgDiscModeChange.slx
- # latest 1.实现双向非隔离DCDC充放电(母线电压闭环方式)
- # 2.手动充放电切换逻辑 + 母线电压稳定
- ./Battery_charge_discharge_100ah_only2directionChrgDischarge.mdl
- # 第一版: 实现双向充电, 无充放电切换逻辑
- ./battery_Charg_disCharg_from_DCSource_bidirectionalDCConv.slx
- # rawVersion: 双向非隔离DCDC, 只能满足网侧电压 > 电池电压的情况
- ./Battery_charge_discharge_FSBB_DCDC.slx
- # 四开关BuckBoost: 实现 buck-boost, 类似高斯宝硬件结构

• 需求描述 🏗

电池组参数信息参考LFP-100Ah (8S) 捆扎模组产品 参考G102-100 电池文档参考

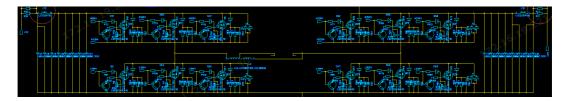
。 基本功能

现在是微电网项目里面锂电池的一个模块,想要实现 90kwh (电量,不固定) 的锂电池组模块 (100Ah 容量, 102.4V 电压变化范围85-112V,具体信息参考下面的文档),通过并联多个双向非隔离 dcdc 连到母线 (96V) 实现双向充放电的功能。

- 100Ah 102.4V 锂电池组,组合成 90kwh电池组(目前视为一个整体,组合的话仿真太慢跑不动),这个锂电池组是船上一个动力锂电池。96V/3.2== 30 串
 - 整体电池组 SOC 估计
- 多个双向非隔离 dcdc: 母线电压96V, 电池电压 85-115v 需要那种双向 boostbuck 即能升又能降得那种,就是电池电压过低 < 96V 时候,需要母线给电池充电要升压。

测试目标

- 实现基本硬件电路: 电池组+双向DCDC
 - 。 电池组模块: 100ah, 电压范围 85-119V, 可实现 SOC 输出
 - 双向非隔离 DC/DC: DC/DC 结构参考高斯宝硬件电路,四开关 Buck-Boost,输入输出各8电容(160V,180UF),开关频率 45k,电感20uh



- 控制 dcdc 输出电压,维持电池模块(电池+dcdc)的输出功率恒定3kw
- 测试负载突卸,输出电压是否仍稳定于 96V
- 测试电池满充满放:目前测试方案暂定为,输入电压跳变 102.5V -> 96V

双向buck-boost测试

目前实现了: 1.双向充放电; 2. 母线电压稳定+超调<1%; 3. 满足电池组电压范围 85-112V的充放电

- 参考 "蓄电池闭环设计" 论文参考
- 连接方式

100AH 102.4V的电池模块(用的matlab官方模块)接入一个双向非隔离DCDC连接到母线(仿真里面我视为电压源加上一个负载)

- 。 电池参数 (使用 Battery mask Matlab官方模块)
- 充放电逻辑

根据**直流母线的电压**来决定电池的充放电 ☆ (电压闭环)

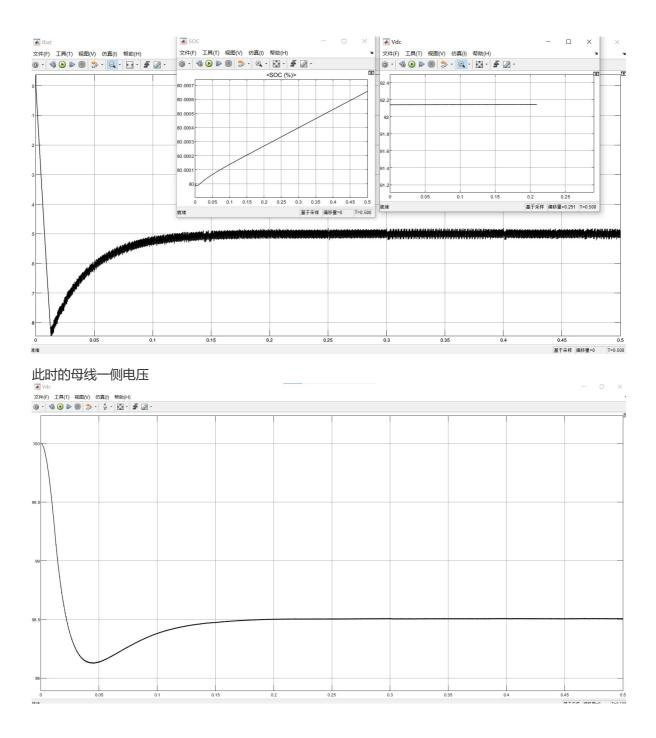
- 直流母线电压 < 96V, 电池组给母线充电,满足1) 母线电压稳定在96V; 2) 母线电压的超调<1% (增加了电压源旁边负载电阻的阻值); 3) 输出的电池恒流:保持电流稳定在20A(符合在0-30A了)同时电池因为放电 SOC下降;
- 母线电压 > 96V , 给电池充电,此时不考虑母线电压的稳定了,就只看电池的电流是否为恒流,此时电流反向为 -5A 给电池充电,电池SOC上升

仿真测试

- 验证
 - 。 双向DC/DC的电流环充放电**恒流模式**
 - 调节**输出电压的电压模式**的功能

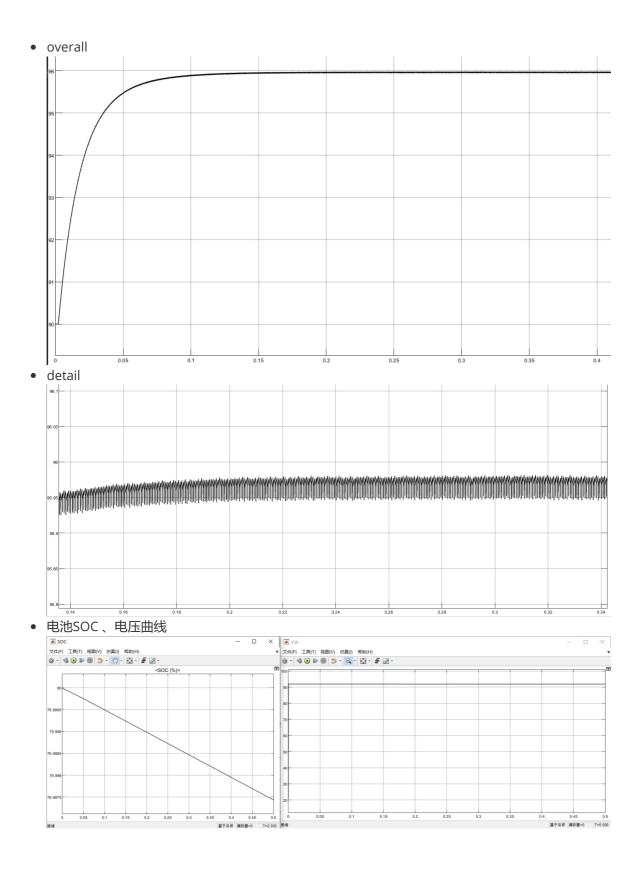
-5A恒流充电

母线电压100V(>96V),给电池充电。电池以电流 -5A 进行充电,电压稳定在 92.15V: 电池 SOC 上升,电流恒流



Mode=3 20A电池恒流放电

母线一侧电压小于96V(使用90V测试):由蓄电池放电曲线稳定在96V,超调量<0.5%;电源控制模块:使用mode==3使用20A恒流放电



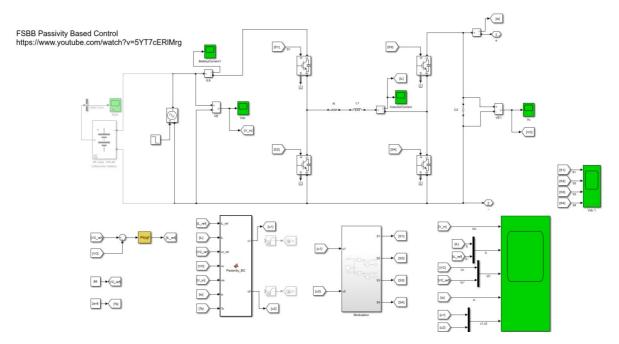
FSBB 测试 💥

控制算法参考论文 <u>Passivity Based Control of Four-Switch Buck-Boost DC-DC Converter without Operation Mode Detection</u> + youtube视频教程 [©]

仿真文件 path =

LithiumIonBattery/BidirectionalDCDC_BatteryCharge/Battery_charge_discharge_FSBB _DCDC.slx

仿真拓扑



• 待调整参数

目前不确定如何调整此参数?

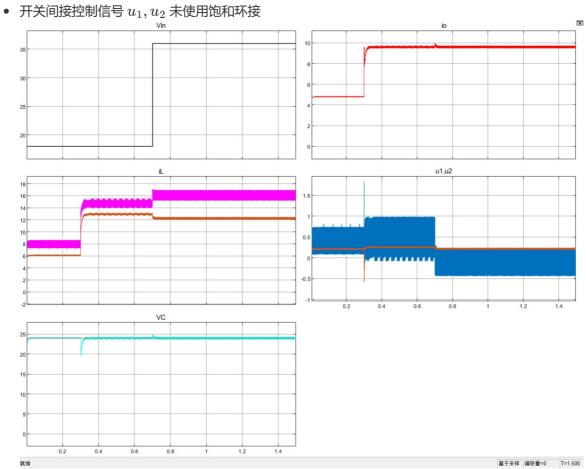
```
P, I # PI 模块
C, L, R_L # 电容电感参数计算
saturation_range # u1, u2 控制信号饱和环接参数
triangular_wave_frequency # 三角波频率
z1, z2 # dumping_gains
```

• 存在问题

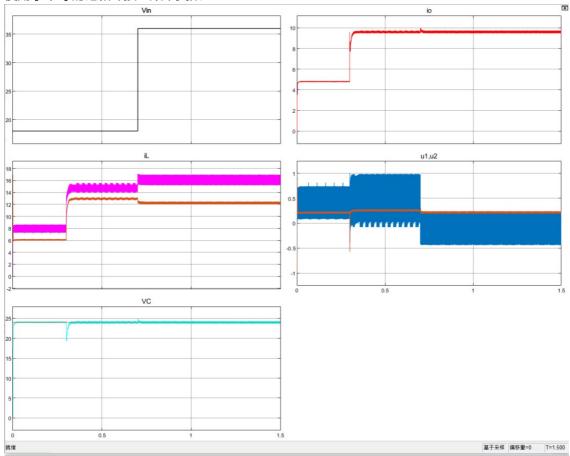
使用 switch 实现 if-else 的问题:咨询了一个电网里面做仿真的朋友,说这种需要切换状态的四开关buckBoost 不好实现,matlab里面仿真延迟很严重,会存在上个状态还没切换完成,实际变换到下一个状态的情况,他了解的都是把模式拆看单独看,每次只验证一种buck 或者 boost的情况。

论文参数测试

仿真1.5s, V_{in} 输入电压(电池一侧)初始24V,0.7s 跳变至 36V。输出参考电压 24V。负载初始 10 Ω ,0.4s时负载突卸,降至5 Ω 。



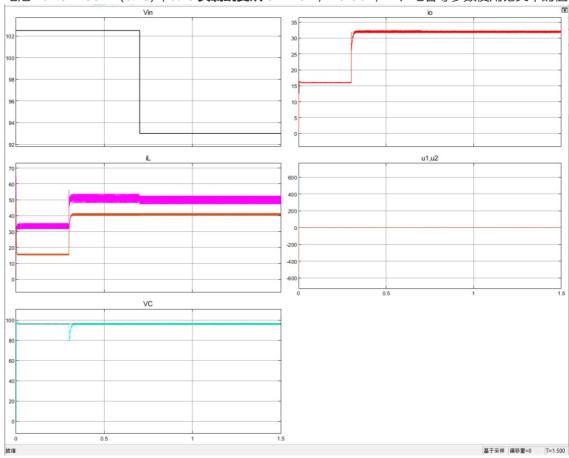
• 使用 [-1, 1] 的饱和环接:效果类似



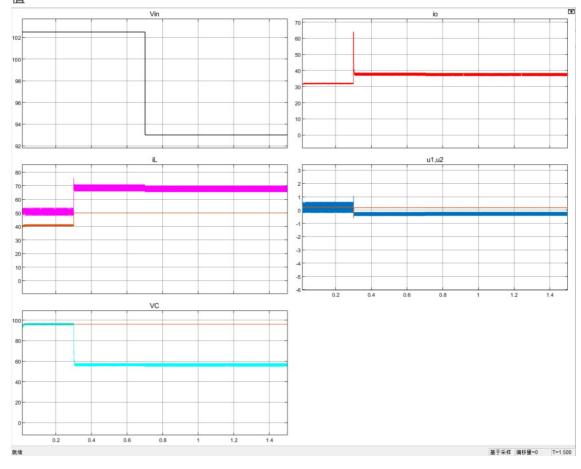
更改为实际参数

负载的初始大小对仿真结果,Vc 输出电压结果的赋值影响很大

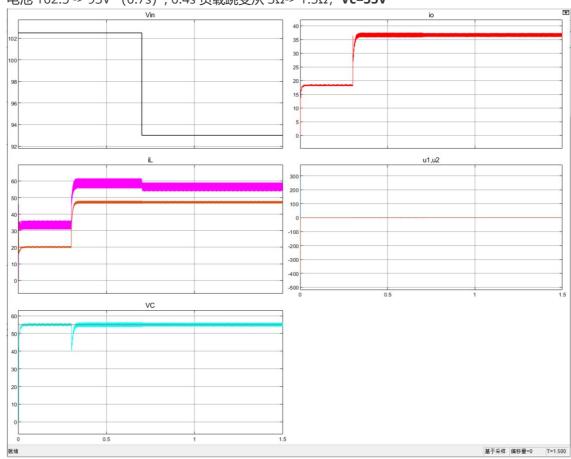
• 电池 102.5 -> 93V (0.7s); **0.4s 负载跳变从 6Ω-> 3Ω**, Vc=96V; PI、电容等参数使用论文中的值



电池 102.5 -> 93V (0.7s); 0.4s 负载跳变从 3Ω-> 1.5Ω, Vc=96V; PI、电容等参数使用论文中的值



电池 102.5 -> 93V (0.7s); 0.4s 负载跳变从 3Ω-> 1.5Ω, Vc=55V

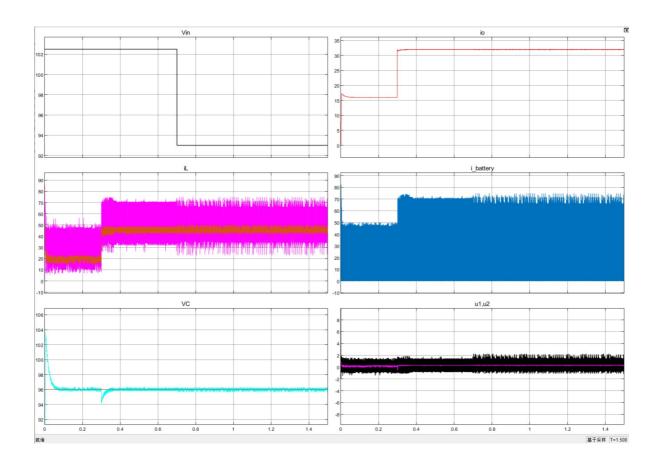


- 使用实际电池模块: 电池 102.5 -> 93V (0.7s); **0.4s 负载跳变从 6Ω-> 3Ω**, Vc=96V; PI、电容等 参数使用论文中的值
- 电容、电感更改为高斯宝提供参数
 - 。 高斯宝: 输入输出各8电容(160V,180UF), 开关频率 45k, 电感20uh;
 - 目前拓扑存在差异, 仅使用输出并联 8 个电容(使用一个电容 1440e-6代替), 电感
 20uh, 开关频率使用 10k(45k仿真速度太慢)

负载突变压降

修改参数后,实现电压突变<2%

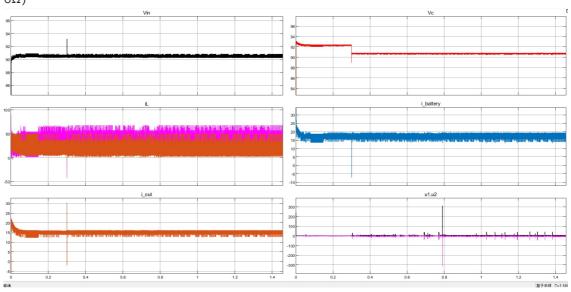
```
P=15, I=1000 # PI 模块
C_motherLine=1440e-6, L=20e-6, R_L=0.004 # 电容电感参数计算
saturation_range=None "not used" # u1, u2 控制信号饱和环接参数
triangular_wave_frequency=45e3 # 三角波频率
z1=6, z2=0.08 # dumping_gains
```



恒流放电

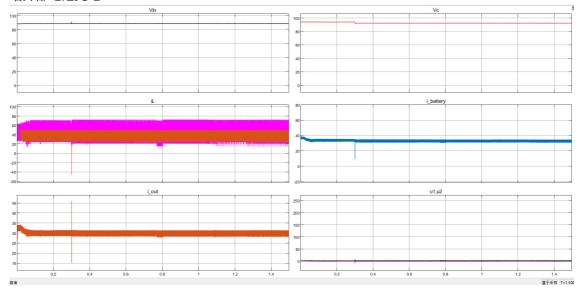
能够实现 dcdc 输出恒流;外部电源给 dcdc 内部电池恒流充电

• 期望的输出电流值 (恒流) i_out_ref = 15A, dcdc 恒流输出, 0.3s 负载突加 (6Ω , 再并联一个 6Ω)

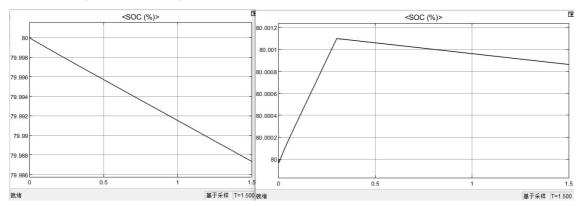


• 期望的输出电流值(恒流)i_out_ref = 30A,dcdc 恒流输出,0.3s 负载突加(6Ω ,再并联一个 6Ω)

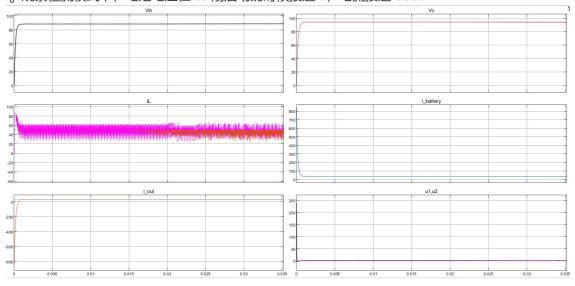
给外部电池充电



电池 SOC 变化情况: 左侧为 dcdc 内部电池,右侧为输出端连接的电池。0.3s 之前恒流充电,之后突加负载(并联一个 6ohm)



• ? 观察恒流模式下,电池电压在 Os 刚启动的时候接近 O,电流接近-8000



该部分锂电池模块,目前实现了基本充放电需求。待连入整体微电网结构,进一步优化,**主要分为两方面的优化**:控制策略、拓扑结构

- 控制策略:目前使用 PI 控制
 - o 模糊 PI
 - o SMC 滑模控制
- 拓扑结构:目前使用非隔离双向DCDC,更新为隔离型DCDC
- **充放电切换逻辑: 目前为手动模式**,后续与风力发电整体进行联调,修改其切换策略,有了大的整体系统在进行修改。

QA

- DCDC
 - 电路里面, 电容、电感的值如何选取:参数根据波形调试, 没有啥理论计算
 - o DCDC 结构

双向非隔离型 BuckBoost 电路,Q1Q2互补关系》》输入门信号 S1、S2 互补(方波高低频信号)

参考

这个脉冲信号在充放电两个情况下,后续电压波形就稳定了,脉冲类似。

- BatteryController 控制部分
 - **母线电压控制**: 輸入 96V 期望值,与实际采集到的母线电压,计算误差作为输入
 - PI 控制器参数(经验值): P调节快速性(跟踪速度); I调节超调量(稳定性)
 - 电流控制: 输入蓄电池的电流 lsc, 实现电池恒流的要求(否则电池就炸了)
 - ② 为啥电压误差过 PI 控制的结果,直接可以和 Isc 电池电压比较呢 **外环电压环输出的结果是电流环的参考值>>** 参考 "**蓄电池闭环设计**" 公
 - o PWM 控制模块: 产生高低频脉冲, 提供给 DCDC >> IGBT 实现充放电 Single-phaseHalfBridge(2pulses)
- 三种模式各自功能: 电压电流双闭环,与恒流充放电如何切换呢?
 电压电流双闭环(维持母线96V稳定)、恒流-5A(电池充电)、恒流20A(电池放电)的切换,具体的切换规则需要看具体场景: 因为实际电网会存在很多情况,比如,切除负荷,单独给蓄电池充电,或者蓄电池检查性放电。
 - 。 当下只能手动切换,后期放在风力系统可以动态

• 锂电池

- 电池组内部考虑 SOC均衡
 咨询电网仿真工作人员,说不建议搞,如果考虑电池内部组合情况,会出现SOC不均衡环流的情况,更加难以控制。仿真开发周期更长,SOC均衡复杂,且数量越多越复杂。
- 。 电池参数

```
"Type": "Lithium-Ion" // 磷酸铁锂电池
    "Parameters": {
       "Nominal_Voltage(V)": 85,
       "Rated_Capacity(Ah)电池额定容量": 100,
       "Initial_StateOfCharge(%)": 80, // 电池初始状态 >> 所以额定电压
102V * 0.8 左右
       "BatteryResponseTime(s)": 30, // ??
   },
    "Discharge": {
       "MaximumCapacity(Ah)": 107.6923, // ??
       "Cut-off_Voltage(V)": 83.2,
       "FullyChargedCurrent(A)": 20,
       "Internal_resistance(Ohms)": 0.0085,
       "Capacity(Ah)at_nominal_voltage": 96.1538,
        "Exponential_zone[Voltage(V),Capacity(Ah)]": [92.2034, 20],
       "Discharge_characteristics":{
            "Discharge_current[i1,i2,...]": [6.5, 13, 32.5],
       }
   }
}
```

■ 标称电压 Nominal_Voltage

理论标称电压为 102.4V, 但初始 SOC 设置为 80%, 要调整一下。