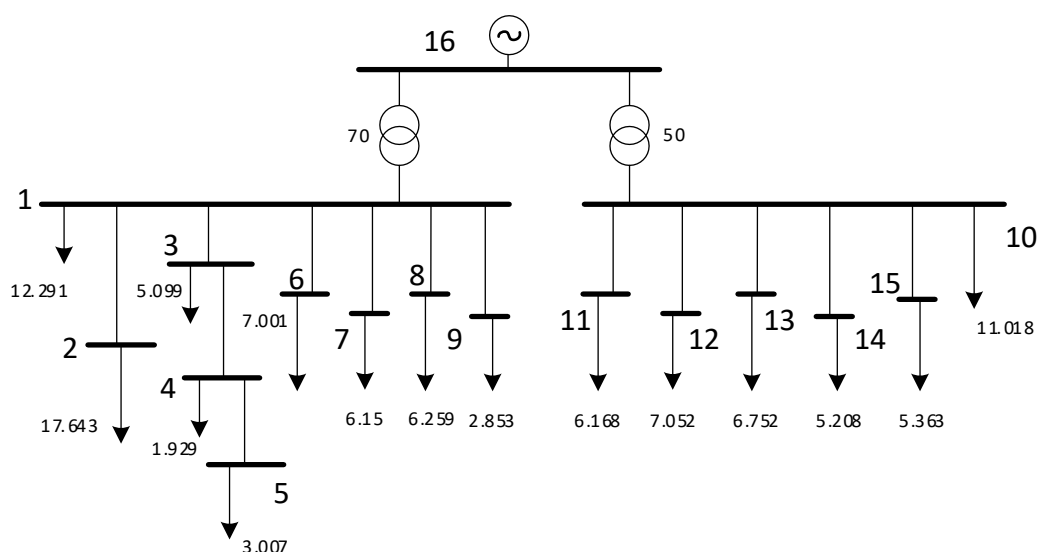


海上油田“零碳”未来

2020 年 9 月，习近平主席在七十五届联合国大会上提出我国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值（碳达峰），争取在 2060 年前实现碳中和；截止到目前为止，习近平主席共在 44 次国内国际的高级别会议中发表了“碳达峰、碳中和”的相关讲话，足以显示我国对于能源改革的决心。

“碳达峰、碳中和”是一场正在进行的广泛而深刻的社会系统性变革。基于“双碳”目标，海上油气行业在用电、用能管理方面积极响应国家号召，除了通过大规模使用岸电或低碳电力供电、升级直流系统、采用微电网技术等方式减少海上油气生产中的碳足迹外，也在另辟蹊径地探索自主创新技术，寻求经济效益、稳定可靠与绿色减排之间的最优解，从而形成了集成多种可再生能源和传统能源的海上油气平台独有的电气化集群供电模式，成为海上油气田用电、用能方面十分重要的突破口。



图一 配电网模型

国家电网计划 2025 年在已有的海上油田负荷平台建立风光储等分布式发电单元来取代电网的部分供电。风光发电可以为负荷提供能量，多余的能量还可以传输到电网得到收益，储能电池作为调节功率的手段之一，可以充电也可以放电。为谨慎起见，风光一天内发电的总量不宜低于负荷用电总量的 30%，不宜超过负荷用电总量的 70%。整体的配电网模型如图一所示，该配电网共有 16 个节点，每个节点代表一个母线，其中节点 16 接入大电网，为下边所有负荷进行供电，通过两个变压器连接到节点 1 和节点 10，两个变压器允许通过的最大功率分别

为 70MW 和 50MW；节点 1 和节点 10 上分别直接接入 12.291MW 负荷和 11.018MW 负荷,其余节点的负荷通过电缆分别连接到节点 1 和 10，具体负荷数据如图一所示。电缆有流动功率限制，节点 10 到节点 11-15 的每条电缆和节点 1 到节点 6-9 的每条电缆允许通过的功率不能超过 8MW，节点 1 到节点 2 的电缆流动功率不能超过 20MW，其他电缆流动功率不能超过 12MW。

请建立数学模型解决以下问题：

1. 忽略配电网线路上的损耗以及电压的变化，现在要为配电网的 1-15 节点接入风光储，其中储能接入的节点不能超过三个，风光可接入节点位置不限，整个配电网的功率时刻保持平衡，即风光储电网的供电量与负荷的用电量相同。每个节点负荷一天内 24 小时的波动为给定值的：

[0.5627 0.5392 0.5392 0.5490 0.6078 0.6912 0.7745 0.8333
0.8431 0.8922 0.8676 0.8186 0.7941 0.7941 0.8431 0.8922
0.9510 0.9853 1.0098 0.9706 0.8676 0.7843 0.7157
0.6078]。

风一天内 24 小时的最大发电功率分别为额定值的

[0.31 0.32 0.37 0.4 0.55 0.53 0.5 0.4 0.28 0.21 0.4 0.5
0.58 0.6 0.64 0.7 0.72 0.75 0.63 0.53 0.4 0.3 0.28 0.26]。

光一天内 24 小时的最大发电功率分别为额定值的

[0 0 0 0 0 0 0 0.3 0.5 0.61 0.75 0.8 0.85 0.8 0.75
0.61 0.5 0.3 0.1 0 0 0 0 0]。

储能的电量计算方法为：

$$SOC(t+1)=SOC(t)-(P\times t)/E$$

SOC 为储能电量，最大值为 1，最小值为 0， E 为储能总电量（单位是 MWh）。 P 为储能的充放电功率（单位是 MW），可以为 0。

由上述给定的风光和负荷数值可知，电网发出的电量每小时都会有很大的变化。已知风机的配置价格为 290 万元/MW，光伏配置价格为 200 万元/MW，储能配置价格为 250 万元/MWh，

请问，如何配置风光储可以使得配置的总价更少的时候使电网每个小时发出的电量变化波动也更小？

2. 在第一问的容量配置基础上，以经济性以及低碳性为目标，其中经济性考虑系统运行功率、电网购电等，在满足电负荷需求下，系统风光储能电网最优的运行出力，忽略系统线路损耗。电网分时电价为 0~6 时：0.3 元；7~8 时，13~17 时，23~24 时：0.55 元；9~12 时，18~22 时：1.2 元。

3. 根据上述第一问和第二问的结果数据以及相关资料，给有关政府部门写一封 800 字左右的分析建议书，阐述对未来风光储的看法，以及是否适合大规模利用。