1.考虑 5 节点的 DC CC-OLS 模型

在 DC-OPF 模型里，我们把每个节点上的电压幅值都看做 1，两节点间的电压相角差很小，此时$sin(\theta_{ij}) = \theta_{ij}, cos(\theta_{ij}) = 0$，对于每个节点我只考虑有功功率平衡，每条线路我都考虑双向的电流功率约束。

符号	含义	单位/维度
i, j	节点索引（母线号）	—
$\mathcal{N}$	指标集，全部节点集合（此例中为{1,2,3,4,5}）	—
$\mathcal{G}$	指标集，发电机节点（此例中为{1,3,4}）	—
$\mathcal{D}$	指标集，负载节点（此例中为{4,5}）	—
$\mathcal{S}$	指标集，发电和需求不改变的节点（此例中为{1,2}）	—
$\mathcal{G}_a$	指标集，发电状态改变（增加）的节点（此例中为{3}）	—
$\mathcal{D}_a$	指标集，有功需求可能增加的节点（此例中为{4}）	—
$\mathcal{D}_s$	指标集，有功需求可能要求削减的节点（此例中为{5}）	—
$\mathcal{L}$	二元指标集，所有线路（双向）构成的集合	—
$\boldsymbol{\omega}$	有功需求随机增量	p.u.
p_S	有功需求削减量	p.u.
f_{ij}	ij线路上的潮流	p.u
$v^{\max/\min}$	节点电压幅值上/下界	p.u.
$\theta^{\max/\min}$	节点相角上/下界	rad
$p_G^{\max/\min}(\omega)$	发电有功上下界（随机或确定）	p.u
$s_{ij}^{\max}$	线路潮流绝对值的上界	p.u
ϵ_P	发电有功上下界机会约束允许违约概率上限	—
ϵ_I	线路潮流绝对值的上界机会约束允许违约概率上限	—
ϵ_V	电压幅值上下界机会约束允许违约概率上限	—
ϵ_δ	相角上下界机会约束允许违约概率上限	—

如果同一节点上既有发电机又有需求，假设此时两者（发电和需求）不同时进行改变。

$$\min_{p_G(\omega),\omega,p_S(\omega)} \sum_{\forall i\in\mathcal{D}_s} \mathbb{E}[c_i(p_{S,i}(\omega))]$$

s.t.

$$p_{G,i} - p_{D,i} + p_{U,i} = \sum B_{ij}(\theta_i(\omega) - \theta_j(\omega)), \qquad \forall i \in \mathcal{S}, \forall j \in \mathcal{N}$$

$$p_{G,i}(\omega) - p_{D,i} + p_{U,i} = \sum B_{ij}(\theta_i(\omega) - \theta_j(\omega)), \qquad \forall i \in \mathcal{G}_a, \forall j \in \mathcal{N}$$

$$p_{G,i} - [(p_{D,i}) + (\omega_k)] + p_{U,i} = \sum B_{ij}(\theta_i(\omega) - \theta_j(\omega)), \qquad \forall i \in \mathcal{D}_a, k \in [0, |\mathcal{D}_a|], j \in \mathcal{N}$$

$$p_{G,i} - (p_{D,i} - p_{S,i}(\omega)) + p_{U,i} = \sum B_{ij}(\theta_i(\omega) - \theta_j(\omega)), \qquad \forall i \in \mathcal{D}_s, \forall j \in \mathcal{N}$$

$$\boldsymbol{p} = (p_{D,i}), \qquad i \in \mathcal{D}_a$$

$$\boldsymbol{\omega} = (\omega_k), \qquad k \in [0, |\mathcal{D}_a|]$$

$$f_{ij}^{p}(\omega) = B_{ij}(\theta_i(\omega) - \theta_j(\omega)), \qquad \forall ij \in \mathcal{L}$$

$$\mathbb{P}\big(p_{G,i}(\omega) - P_{G,i}^{min}(\omega) \geq 0\big) \geq 1 - \epsilon_P, \qquad \forall i \in \mathcal{G}_a$$

$$\mathbb{P}(p_{G,i}^{\max}(\omega) - p_{G,i}(\omega) \geq 0) \geq 1 - \epsilon_P, \qquad \forall i \in \mathcal{G}_a$$

$$\mathbb{P}(\left|f_{ij}^{\mu}(\omega)\right| \leq s_{ij}^{\max}) \geq 1 - \epsilon_I, \qquad \forall ij \in \mathcal{L}$$

$$\mathbb{P}(v_i(\omega) - v_i^{\min} \geq 0) \geq 1 - \epsilon_V, \qquad \forall i \in \mathcal{N}$$

$$\mathbb{P}(v_i^{\max} - v_i(\omega) \geq 0) \geq 1 - \epsilon_V, \qquad \forall i \in \mathcal{N}$$

$$\mathbb{P}(\theta_i(\omega) - \theta_i^{\min} \geq 0) \geq 1 - \epsilon_\delta, \qquad \forall i \in \mathcal{N}$$

$$\mathbb{P}(\theta_i^{\max} - \theta_i(\omega) \geq 0) \geq 1 - \epsilon_\delta, \qquad \forall i \in \mathcal{N}$$

$$\theta_{\mathrm{ref}}(\omega) = 0$$

其中，决策变量为

$$\boldsymbol{u}(\omega) = (p_{G,i}(\omega), \omega, p_{S,j}(\omega)), \qquad i \in \mathcal{G}_a, j \in \mathcal{D}_s$$

状态变量为

$$\boldsymbol{x}(\omega) = (v_i(\omega), \theta_i(\omega)), \qquad i \in \mathcal{N}$$