

B1 配电网可靠性和故障软自愈研究

配电网的可靠性是保障高质量供电的重要指标。在配电网终端负荷已知和各设备单元可靠性已知的条件下，整体配电网的可靠性依赖于配电网连续时空的拓扑信息，尤其在配电网发展、运营由“静态”模式转为“动态”模式后更是如此。

配电业务主要包含“规划”、“建设”、“运方”、“营销”、“配网（运维）”、“调控”等六大专业环节，简称“规、建、运”/“营、配、调”，前三环节为“发展”领域，负责新增电网业务，后三者为“运营”领域，负责存量电网业务。当各个环节的信息系统协同性有问题时，即使额外增加数据实测、校验、纠错等成本开销，也难以保证“运维”环节得到准确、全面的配电网连续时空的拓扑信息。

“业务过程内生电网拓扑信息”是新建电网业务在“链式”跨专业业务协同工作流程中、由业务人员在各自岗位上完成自身业务内容的过程中“自然”形成的拓扑结构信息（既不要来自业务外信息系统、人员的电网图形信息支持，也不需业务人员录入岗位业务内容外的辅助信息）。

目前，已有电网基层单位实现了“业务过程内生电网拓扑信息系统”，它以连续转化的“未来”、“当下”、“过去”时态形式，在“规建运”、“营配调”各业务环节实现贯通的“信息时空”中跨专业协作生成、流转、演化。对于电网企业追求内部业务“数据一个源，电网一张图，业务一条线”的“数字化”转型工作来说，“业务过程内生电网拓扑信息”既是具体的技术“目标”，同时又是保障“目标”得以实现的管理“手段”：它以“内生”的连续时空迭代纠错能力，保证电网拓扑数据“自主”收敛于实体电网拓扑，而不再需要以额外的数据纠错处理作业，去消除“外化”于业务流程的拓扑数据处理带来的数据失真问题。“业务过程内生电网拓扑信息”作为“活的”电网“数字映像”，具有了数字化“平行系统”信息技术特征，与电网实时数据耦合后，能够在线展现电网实时拓扑结构及运行状态。

配电网故障自愈是事故恢复的快速自动化方式，需要自动化监测和控制设备的投入。在现有自动化设备基础上，利用准确的配电网连续时空拓扑信息，尽量实现“软自愈”，能够降低故障自动恢复的成本。

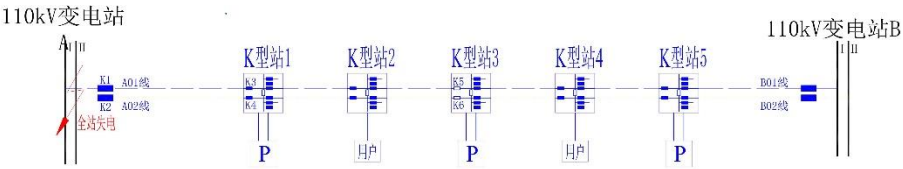
任务：

- 1、 建立一种依赖于连续时空电网拓扑的配电网可靠性评估模型，并举例说明配电网拓扑信息差异引起的可靠性评估差异。
- 2、 建立一种依赖于连续时空电网拓扑的配电网故障检测模型，并举例说明配电网拓扑信息差异引起的故障检测差异。

3、图 1、2 给出了两个 10kv 电网故障示意场景，请收集资料研究设计“业务过程内生电网拓扑信息”条件下电网故障“软自愈”方案，实现同类线路故障的自动判断、自动隔离和负荷转移恢复供电的算法，并估算与“硬自愈”方案的成本差异。

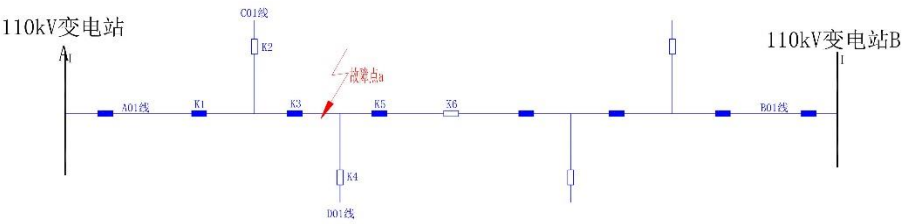
请根据图中说明，考虑提交完备算法（决赛阶段将提供同类线路实际故障场景数据验证算法），并分析自己算法的优缺点：

- 算法输入数据是流过每个开关的电流值（电流值代表线路的负荷。如果电流值降为 0，代表停电、损失负荷了；如果电流值瞬间增大、超过开关跳闸的阈值，代表有故障、开关跳闸隔离故障）；
- 算法输出结果是开关动作系列，即通过电流值的变化判断故障点在哪里，跳开距离故障点最近的开关，把停电范围控制在最小范围，然后合上无故障段的联络开关，把停电的无故障段恢复供电。



110kV 变电站 A 全站失电，K3、K4 开关自动断开隔离故障点，K5、K6 自动闭合，K 型站 1 和 K 型站 2 的负荷由原 110kV 变电站 A 改为 110kV 变电站 B 供电。

图 1 双电源双环路电缆网供电事故场景



110kV 变电站 A：A01 线 a 点发生故障时，柱上开关 K3 和 K5 自动断开隔离故障点，后 K6 柱上开关自动闭合，K5-K6 段线路负荷由原 110kV 变电站 A 改为 110kV 变电站 B 供电。

图 2 多分段三联络架空网供电事故场景

本题内容由电网企业真实需求提出，获奖团队有机会入选电网企业后续实用化项目研发工作。

附注：名词解释

备注：本题选自 2021 年“深圳杯”数学建模挑战赛 C 题