**A题 电网频率响应**

“地球一小时”是为了表达对可持续发展和气候变化的关注，却引起电力专业组织的担忧。包括34个国家的欧洲电力传输运营商联盟(ENTSO-E)曾呼吁“地球一小时”组织者和参加者不要在统一时间集中关灯和开灯，而可以采取分阶段渐进式开关灯，以减小用电大起大落对电网安全的威胁，避免出于好意却可能触发的大面积停电 (ENTSO-E, 2010; 2011)。但也有人认为地球一小时引起的用电量波动不足为虑(柴知道，2019)。

上述例子关乎电力系统安全运行的一个重要前提，即维持电网频率稳定。当并网 用电设备希望使用的功率超过发电机输出功率时，比如一个城市的路灯开启瞬间，频 率会下降;反之，频率会上升。因此，电力系统的频率总是在额定频率附近波动。燃 煤发电机、燃气发电机等同步发电机具有惯性，是支撑电网频率不发生大范围波动的重要支柱。当电网频率发生大范围波动时，很可能导致一些发电机机组自动退出运行， 部分用电设备也将发生异常。风力发电、光伏等非同步机的电源，本身不具有惯性; 而当这类电力来源比重增加时，电力系统频率惯性将降低，发生频率大范围波动的风 险增加，并可能导致大范围停电。2019 年 8 月 9 日英国就发生了这类大停电事故(PSD,2019)。

在风力、光伏发电比例大幅增长的背景下，用电负荷参与电网的频率响应，成为 维持电网频率稳定的有效、经济的手段。比如，电网频率下降到一定程度时，一些非 关键负荷主动降低用电功率，效果形同有电源增加了发电功率。参与频率响应的主要 设备可以选择空调、热水器、电动汽车充电负荷等。负荷参与频率响应中，分布式的控制方式是，各个用电设备主动监测电网频率，频率偏差达到一定程度时主动响应。

本题目只考虑电网频率偏低的情况。我们可以看到，在分布式控制中，需要决策 的参数有:频率偏差的门槛值，以及用电设备监测电网频率的周期。频率响应中需要关注的目标有:用户体验(过于频繁的参与响应可能降低用电满意度)，以及调频效果。试就此建立数学模型，并进行初步的测算。

1)假定电力系统频率偏差在正负 0.1Hz 内按正态分布，试建立用户体验与频率偏 差的门槛值、用电设备监测电网频率的周期的函数关系。

2)假定用电设备每次参与响应，是自动关闭一个周期;下一个周期继续监测电网频率，若偏差继续超过门槛值，则继续关闭;不超过门槛值则恢复。试建立调频效果与门槛值、用电设备监测电网频率的周期的函数关系。

3)根据以上数学模型以及您的测算，给出您建议的参数设置。

4)基于您的建模方案，对于用电负荷参与电网频率响应，您有何政策建议?

**提交**

您的解决方案论文应包括1页的摘要，正文不能超过 20 页，含摘要最多 21页。附录和参考资料应出现在正文之后，不算在 21 页的限制之内。

**词汇表**

**1. 电网频率**:物理课告诉我们，电力系统使用交流电，电压电流用正弦函数描述。电网频率是电压和电流每秒的周波数，由同步发电机的旋转速度决定。在稳态条件下，各 发电机同步运行，整个电网的频率相等，是一个全系统一致的运行参数。世界各地的 电网频率多为 50Hz，部分国家或地区为 60Hz，即交流电每秒钟变化 50 次，或 60 次。

**2.负荷:**电能用户的用电设备在某一时刻向电力系统取用的电功率的总和，称为负荷。

**3.频率响应**:指电网的频率一旦偏离额定频率值时，电网机组做出相应的变化，限制电 网频率变化，使电网频率维持稳定的自动控制过程。

**4.频率偏差门槛**:用电负荷参与频率响应的频率偏差最小值。频率偏差超过门槛值，用 电负荷才开始参与频率响应。

**5.监测电网频率**周期:用电设备监测电网频率的周期，即多久监测一次电网频率。

**6.用户体验**:用电负荷参与频率响应给用户带来的感受和舒适度的影响，如热负荷参与，可能带来温度的改变。

**7.调频效果**:频率响应时，以最大频率偏差和超过门槛值的频率偏差的累积时间两个指 标最为重要。

**参考文献:**

1. ENTSO-E, 2010. “WWF Earth Hour bears risks for European electricity transmission system”,

<https://www.entsoe.eu/2010/03/25/wwf-earth-hour-bears-risks-for-european-electricity-transmission-system/>

2.ENTSO-E, 2011. “European grid operators join WWF to think ‘beyond the hour’”,

<https://www.entsoe.eu/2011/03/25/european-grid-operators-join-wwf-to-think-beyond-the-hour/>

1. 柴知道,2019.“地球一小时，地球在乎吗?”(视频)

<https://www.bilibili.com/video/av47756290?from=search&seid=15049368556817732925>

1. 中国电力科学研究院电力系统研究所(PSD)，2019.“英国‘2019 ⋅8 ⋅9’大停电事故

分析报告”，<http://www.escn.com.cn/news/show-758364.html>

----------------------------------------------------------------------------------------

**B题 网络保险激励策略**

网络风险现在是从政府实体到私人公司的所有组织所必须认真应对的最重要的新兴风险之一1。被攻击的机会和防御的实力在组织间会有很大差别。一次成功的攻击可能会给受害者造成重大损伤，例如珍贵数据的丢失，设备的维修和更换，合规罚款和罚金，诉讼费用，品牌和声誉受损，生产中断，客户流失，等等2。根据 IBM的一份报告，2018 年全球数据泄露的平均成本比上一年增长 6.4％，达到386万美元，每条包含敏感和机密信息的丢失或被盗记录的平均成本增长了4.8％，至148 美元3。

2013年，美国零售商塔吉特（Target）成为其中一宗零售业历史上最大的数据泄露事件的受害者。据公司报告，超过 1800 家商店的 POS 系统被恶意软件渗透，大约4000万客户的信用卡和借记卡可能遭受欺诈。调查官怀疑，黑客利用从宾夕法尼亚州塔吉特计算机系统的第三方供应商法齐奥（Fazio）机械服务公司窃取的密码凭证闯入塔吉特网络。根据其 2013 年第四季度财务报表，塔吉特公司花费了约 6,100 万美元来应对这次数据泄露事件4。

2017 年，全球休闲食品制造商和美国市值最大的 100 家公司之一的亿滋国际（Mondelez International）成为 NotPetya 勒索软件攻击的受害者。该公司报告称，攻击病毒永久禁用了 1,700 台计算机服务器和 24,000 台笔记本电脑，估计总成本为 1 亿美元5。

网络攻击的肆虐，造成对网络保险的需求不断增长。据估计，全球网络保险市场的总收入复合年增长率将是 33.8％，从2019年的 29.2 亿美元增长到 2024 年的 167 亿美元6。受保险人预期将在遭受攻击后获得部分赔偿。此外，受保险人可以获取保险公司提供的专家建议，以帮助他们加强防御网络攻击的能力。然而，中小企业在网络攻击面前却是脆弱的，只有不到 5％的中小企业拥有网络保险7。例如在 Target 网络攻击事件中，正是一家小公司的遭受入侵，对整个供应链网络中 的众合作伙伴造成了严重损害。实际上，供应链攻击是网络攻击中被普遍采用的策略，在 2018 年增长了 79％8。

考虑一家拥有许多中小型供应商的巨型公司。为了保护自己免受供应链攻击，这家巨型公司计划只从已拥有足够网络保险的供应商那里进行采购。为了激励供应商，这家巨型公司愿意为每一家供应商支付部分网络保险费。您如何确定这家巨型公司应为每家供应商支付的保费？请建立您的数学建模解决方案，并为这家巨型公司提供网络保险激励策略。

**提交**

您的解决方案论文应包括1页的摘要，正文不能超过 20 页，含摘要最多 21 页。 附录和参考资料应出现在正文之后，不算在 21 页的限制之内。

**参考文献**

1.https://www.ogcio.gov.hk/sc/news/legco\_papers/2019/02/doc/lb\_20190218.pdf

2.<https://doi.org/10.1787/9789264282148-en>

3 .https://www.ibm.com/security/data-breach

4 .<https://en.wikipedia.org/wiki/Supply_chain_attack>

5 .https://en.wikipedia.org/wiki/Petya\_(malware)

6.https://www.marketwatch.com/press-release/338-growth-for-cyber-insurance-market-size-to-2024-2019-02-08

7 .https://www.aon.com/inpoint/bin/pdfs/white-papers/Cyber.pdf

8. https://en.wikipedia.org/wiki/Supply\_chain\_attack