# Тема доклада (1 слайд)

Поздороваться, представиться. Тема моего доклада — «Исследование причин возникновения и анализ помех работе PLC-модемов».

# Введение (2 слайд)

Современные промышленные предприятия нуждаются в надёжной передаче данных и телеметрии. Существует несколько способов передачи этой информации, но классически телеметрия передаётся через беспроводные локальные сети, такие как WLAN, или по проводным стандартам, например, Ethernet. Безопасность беспроводной передачи вызывает опасения, в связи с возможными хакерскими атаками или банально помехами. Одно из решений — использование технологии PLC (Power Line Communication), которая позволяет передавать данные по уже существующим силовым кабелям. На базе СКБ-4 «Сигнал» МАИ был разработан узкополосный PLC-модем, работающий на частоте 60,15 кГц. Однако при эксплуатации модема были выявлены сбои, вызванные помехами в сети.

# Проблема (3 слайд)

Основная проблема PLC – это искажения сигнала, возникающие при передаче данных через сеть электропитания.

Работе PLC - модемов мешают помехи:

Линейные искажения вызваны фильтрами питания, индуктивностями в проводах, ёмкостями по входу. Они приводят к изменению соотношений между амплитудами и фазами спектральных компонентов сигнала. Линейные искажения мы можем минимизировать, выбрав частотную полосу, где они минимальны.

Сеть нелинейна (диоды, выпрямители), поэтому сигналы подвергаются нелинейным искажениям. Они приводят к появлению новых гармоник. Увеличить устойчивость к ним можно путём выбора модуляции несущего сигнала.

Помехи – зашумляют канал связи. Они непредсказуемы (неизвестны мощности); их можно обобщить и выбрать зону, где передачи информации будет происходить с минимальными шумами.

# Постановка задачи (4 слайд)

Исследовать источники и типы помех в сети электропитания, определить их спектральные характеристики и на основе анализа предложить меры для улучшения работы модема.

Исследовать спектральные плотности мощности шумов различных устройств (или компонентов устройств), влияющих на помехи в сети электропитания.

Предложить меры для улучшения работы PLC-модема.

# Теория (5 слайд)

Типы и источники шумов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип шума | Описание | Типичные источники | Методы защиты |
| Асинхронный импульсный шум | Кратковременные всплески напряжения (до 2 кВ), не синхронизированы с сетевой частотой. Обладают широким спектром частот. | • Электродвигатели • Варисторы и защитные устройства • Коммутационные процессы (пускатели, реле) | • Установки варисторов и супрессоров • Экранирование и фильтры • Гальваническая развязка |
| Синхронный импульсный шум | Возникает синхронно с частотой сети (50 Гц), содержит гармоники и пульсации, обусловленные управлением полупроводниковыми ключами. | • Полупроводниковая техника (тиристоры) • Частотные преобразователи • Импульсные регуляторы | • LC-фильтры • Управление коммутацией • Синфазные дроссели |
| Узкополосный шум | Шум в диапазоне 50–200 кГц, спектр ограничен, часто периодичен. | • Импульсные блоки питания • Драйверы светодиодов | • EMI-фильтры • Экранированные кабели • Ферритовые кольца |
| Электромагнитные помехи (EMI) | Распространяются по воздуху и проводам, частотный диапазон до 30 МГц. | • Электродвигатели и трансформаторы • Сварочные аппараты • Коммутационные нагрузки | • Экранирование корпусов и кабелей • Разделение силовых и сигнальных цепей • Фильтры ВЧ-помех |
| Гармоники | Сигналы, кратные основной частоте (50, 100, 150 Гц и т.д.), вызывают искажение синусоиды, перегрев оборудования и резонанс. | • Нелинейные нагрузки • Силовые выпрямители и инверторы • Частотные преобразователи | • Активные и пассивные фильтры гармоник • Использование синусоидальных источников • Оптимизация загрузки фаз |

# Эксперимент (6…9 слайд)

6 слайд

В экспериментальной части исследования проводилось измерение спектров помех от различных устройств в лаборатории СКБ 4 «Сигнал» МАИ.

В качестве приёмного устройства использован PLC-модем с несущей частотой 60.150 кГц.

С помощью осциллографа была записана выборка сигналов из сети в формате csv, затем применялось преобразование Фурье для получения спектров.

Перед ним фильтр 2-го порядка на резонансный контур на резонансную частоту 60.150 кГц и полосу пропускания примерно 10 кГц.

7 слайд

Гальваническая развязка = фильтр + резонансный фильтр. Она предотвращает передачу опасного напряжения от одной части схемы к другой, что позволит уберечь чувствительные элементы на другой стороне и уменьшить помехи.

Записаны выборки шума в розетке рядом с работающими устройствами в сетях электропитания.

8 слайд

Вид шумового сигнала 10 компьютеров во временной области и спектр. Наблюдается выброс небольшой амплитуды в районе 75 кГц; вид шумового сигнала нескольких паяльных станций во временной области и спектр, шум паяльных станций по амплитуде схож с шумом от компьютеров, но более широкополосный (32 кГц…50 кГц).

9 слайд

вид шумового сигнала диодной лампы во временной области и спектр. Амплитуда спектра шума диодной лампы существенно выделяется на фоне общей шумовой картины сети, занимает полосу 49 кГц…52 кГц; вид шумового сигнала кондиционера во временной области и спектр. Кондиционер не внёс существенного шума в сеть, возможно, потому что у него есть фильтр на выходе.

# Рекомендации (10 слайд)

Я считаю, что стоит использовать сетевые фильтры для приборов, которые сильно шумят, например, диодных ламп. Так же выбор несущей частоты играет большую роль. Рекомендуется использовать для передачи сигнала частоты выше 52 кГц, так как в этом диапазоне наблюдается меньше шумов. При выборе частоты нужно учитывать, что при значительном её повышении будет наблюдаться увеличение потерь сигнала и излучение из проводов.

# Вывод (11 слайд)

В ходе работы поставленные задачи были полностью выполнены; в дальнейшем планируется продолжать исследование в области PLC-модема.

# Заключение (12 слайд)

Таким образом, исследование подтвердило наличие значительных помех в электросетях, что ограничивает эффективность технологии PLC. Тем не менее, при грамотном подходе к фильтрации и выбору частотного диапазона возможно существенно повысить надёжность передачи данных.