



Оптимизация использования каналов передачи данных векторных измерений между объектами электроэнергетики и диспетчерскими центрами

Кисловский А.А.

Проблематика

- СМПР – данные в реальном времени, 50 раз в секунду с объектов электроэнергетики в ДЦ СО ЕЭС
- Качество данных, предоставляемых СМПР, зависит от многих характеристик
- Одной из основных таких характеристик является надежность и пропускная способность каналов связи
- Скорость и надежность доставки данных являются основой для повышения качества оперативно-диспетчерского управления
- Именно каналы передачи данных на сегодня зачастую являются узким местом при построении СМПР

Возможные решения

- В настоящее время используется протокол с37.118
- Оптимизация на этапе проектирования наборов данных
- Использование концентраторов векторных измерений PDC
- Лучшее решение – модернизация существующих каналов связи, но это дорого и долго.
- Разработка нового протокола с учетом всех достоинств с37.118, а также требований существующей СМПР

Критерий эффективности

- Лучший критерий – количественный.
- Базовая точка отсчета эффективности – с37.118
- Коэффициент эффективности между с37.118 и предлагаемым протоколом на основе объемов передаваемых данных
- $K_{эфф} = \frac{V_c}{V_s}$
- Критерий напрямую отражает эффективность по отношению к пропускной способности каналов передачи данных.

Спецификация c37.118

- Данные PMU/PDC через UDP/TCP
- 4 типа сообщений
 - Кадр управления (Command frame)
 - Кадр заголовка (Header frame)
 - Кадр конфигурации устройства (Configuration frame)
 - Кадр данных (Data frame)
- Наиболее важный для оптимизации – это кадр данных

Структура пакета данных с37.118

- Данные могут передаваться как в формате float (4 байта), так и integer (2 байта)
- Структура пакета:
 - Заголовок кадра и контрольная сумма (16 байт)
 - Блок данных по каждому PMU.
 - Обязательны 2 байта на описание состояния + частота сети и скорость изменения частоты – 8 байт/4 байта (float/integer)
 - Фазоры - каждый занимает 8 байт/4 байта (float/integer)
 - Аналоговые значения – 4/2 байта (float/integer)
 - Дискретные (булевы) значения – 2 байта на каждые 16 значений.

Конфигурация данных для анализа

Параметр	Значение
Частота передачи данных	50 кадров/с
Количество PMU	1
Количество векторов в составе одного PMU	6
Аналоговых значений в составе одного PMU	2
Формат передачи в СМПП	4 байта (float)
Размер одного векторного измерения	8 байт (float)
Размер служебной информации IP и UDP	42 байт
Размер служебной информации IP и TCP	58 байт

- для принятых условий $V_c = 4100$ байт без учета служебной информации транспортных протоколов

Спецификация предлагаемого протокола

Спецификацией предусмотрено три модификации по отношению к текущему варианту использования в рамках СМНР протокола с37.118:

- Переход к целочисленным (2-байтовым) значениям
- Объединение нескольких кадров в один
- Архивирование данных

Переход к целочисленным значениям

- Целочисленные значения – дополнительно конфигурирование шкалы и масштабирования
- Какова вносимая погрешность?
- Абсолютная погрешность по параметру:
 - $\Delta = \frac{(G_{max} - G_{min})}{65535}$
- Относительная погрешность по параметру:
 - $\varepsilon = \frac{\Delta}{G_{nom}} * 100$

Погрешность при переходе к целочисленным значениям

Параметр	Погрешность приведения	Требуемая погрешность
Частота	0,15 мГц	±1 мГц
Фаза вектора тока или напряжения	0,005 °	±0.1°
Действующее значение напряжения	0,03 %	0,2 %
Действующее значение тока	0,03 %	0,4 %
Значение активной мощности	0,06 %	0,5 %
Значение реактивной мощности	0,06 %	1,0 %
Значение тока возбуждения	0,03 %	0,5 %
Значение напряжения возбуждения	0,03 %	0,5 %

- Погрешность, вносимая переходом к целочисленным значениям, на порядок ниже требуемой в СМПР
- $K_{эфф} = 4100/2500 = 1,64$

Объединение нескольких кадров в один

- В одном пакете – данные по нескольким временным меткам.
- Экономия на транспортных затратах
- Данные не теряем, а лишь вносим задержку доставки.
- Объединение 5 кадров в один (данные за 100мс):
 - $K_{\text{эфф}} = 6200/2920 = 2,12$, для UDP.
 - $K_{\text{эфф}} = 7000/3080 = 2,27$, для TCP.
- Объединение 50 кадров в один (данные за 1 сек.):
 - $K_{\text{эфф}} = 6200/2542 = 2,44$, для UDP.
 - $K_{\text{эфф}} = 7000/2558 = 2,74$, для TCP.

Архивирование данных

- Архивация потока данных
- Особенно эффективна совместно с объединением нескольких кадров в один
- Gzip – оптимален по производительности и сжатию данных. Открытый стандарт, широко распространен.
- Коэффициент сжатия ~ 1.5 на приведенных данных.
- К сожалению, коэффициент сжатия непостоянен.
- Совокупность всех мер приводит к тому, что $K_{\text{эфф}}$ от ~ 3.18 – 4.11

Совместимость с с37.118

- Прозрачное расширение с37.118
 - Поле format кадра конфигурации
 - Поле extframe командного кадра

Выводы

- Достоинства предложенного протокола:
 - Позволяет сократить объем передачи данных в 3-4 раза.
 - Возможность интеграции в с37.118 как расширения
- Недостатки:
 - Вносимые задержки передачи данных
 - Объем передаваемых данных непостоянен в единицу времени
- Обсуждение предложений на рабочей группе СМПР