

Повышение эффективности использования частотного ресурса каналов ВЧ связи по ЛЭП для передачи команд РЗА с одновременной организацией каналов ТМ ПА до 19,2 кбит/с в полосе 2 кГц и 4 кГц

Горохов Сергей Георгиевич
*к.т.н., генеральный директор
ООО «НПФ «Модем»*

Во многих типах зарубежной аппаратуры передачи команд релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА) используется возможность передачи команд РЗА с наивысшим приоритетом в полосе 2 кГц или 4 кГц по отношению к потоку данных, предназначенному для передачи доаварийной информации в полосе передачи команд. Это каналы телемеханики (ТМ) для противоаварийной автоматики (ПА) энергообъектов. Данное техническое решение подтвердило высокую эффективность и экономическую целесообразность в ряде стран.

На сегодняшний день в Российской Федерации для организации каналов ТМ ПА в отечественной аппаратуре используются надтональные каналы ТМ, занимающие полосу частот выше полосы, предназначенной для передачи команд РЗА. Как правило, в полосе 4 кГц надтональные каналы ТМ обеспечивают низкоскоростной канал со скоростью передачи 100, 200 бит/с. Современные объемы передаваемой информации по каналам ТМ ПА и время задержки для оперативного реагирования на быстро изменяющиеся параметры технологических процессов энергообъектов требуют значительного увеличения скорости передачи данных по каналам ТМ ПА.

При проектировании новых ВЧ каналов ТМ ПА со скоростями передачи 1200–9600 бит/с требуется выделение новых частот ВЧ каналов. Используемая в электроэнергетике полоса частот для организации каналов телемеханики, связи и передачи команд РЗА составляет 16–1000 кГц. К подстанциям 220, 330 кВ подходит достаточно большое количество ЛЭП, на каждой из которых используется несколько частотных каналов, организованных по нескольким фазам. Таким образом, при проектировании новых ВЧ каналов возникает проблема выделения новых частот с учётом требований по электромагнитной совместимости и соответствующему обеспечению защитных частотных интервалов между проектируемыми и занятыми полосами частот на используемой и соседних ЛЭП.

Возможны три варианта организации новых каналов ТМ ПА по ЛЭП:

- с выделением новых частотных каналов с соответствующими защитными интервалами частот в дополнение к частотным каналам устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК);
- с расположением полосы канала ТМ ПА как смежного частот-

ного канала с полосой частот передачи команд РЗА (сомкнутые частоты) – по-существу применения двухканальной аппаратуры (ТМ ПА и УПАСК) с частотным разделением каналов;

- с организацией канала передачи данных ТМ ПА в полосе передачи частот команд РЗА.

Третий вариант, в частности, используется в импортной аппаратуре ВЧ связи ETL600, PowerLink, ранее широко внедряемой и применяемой в настоящее время для организации каналов передачи команд РЗА и связи.

Способ организации среднескоростного канала ТМ ПА в полосе передачи команд

В полосе частот команд РЗА 400–300 Гц ВЧ канала шириной 4 кГц или в полосе частот 400–1650 Гц ВЧ канала шириной 2 кГц реализуется синхронный КАМ-модем с символьной скоростью передачи 3200 симв/с или 1600 симв/с соответственно. В зависимости от соотношения сигнал/шум в адаптивном по скорости модеме реализуется требуемое КАМ-созвездие и обеспечиваются скорости передачи 3200–38400 бит/с для полосы ВЧ канала 4 кГц или скорости 1600–19200 бит/с для полосы 2 кГц.

Во время передачи команд РЗА сигнал КАМ-модема снимается и передаются сигналы частот команд РЗА. После окончания передачи команд РЗА передача сигнала КАМ-модема возобновляется без потери синхронизации.

Увеличение времени передачи одночастотной или двухчастотной команды РЗА составляет 2–4 мс.

Безопасность приема команд РЗА

Безопасность приема команд РЗА определяется тем, что КАМ-модулированный сигнал имеет равномерную спектральную плотность в полосе

400–3300 Гц для 4 кГц и 400–1650 Гц для 2 кГц и по-существу является белым шумом для принимаемых команд РЗА. Уровень этого псевдошумового сигнала как правило на 8–10 дБ ниже пикового уровня частот команды РЗА. Этот уровень на 28–30 дБ ниже уровня белого шума, при которых проводятся испытания по безопасности приема команд. Требуемое превышение уровня шума при испытаниях на безопасность составляет +20 дБ относительно уровня частоты (частот) команды РЗА.

Надежность приема команд РЗА

Надежность приема команд РЗА практически не снижается, т.к. во время передачи сигнала команды соотношение сигнал/шум для сигнала частот команды РЗА не уменьшается. За счет времени переходного процесса снятия сигнала КАМ-модема и нарастания сигнала частот команды РЗА незначительно увеличивается время передачи команды. Для одночастотных команд это время составляет 25 мс (норма 23 мс), для двухчастотных команд – 27 мс (норма 40 мс).

Целостность потока и достоверность передаваемых данных ТМ ПА

Целостность потока и достоверность передаваемых данных ТМ ПА обеспечивается тремя уровнями системы синхронизации КАМ-модема: кадровой, символьной, фазовой. Передача залпа из 32 команд длительностью 50 мс каждая не приводит к срыву синхронизации, а приводит только к обнаружению пакета ошибок протоколом передачи данных с последующей коррекцией данных средствами протокола. Испытания по оценке достоверности передачи с использованием протоколов МЭК 60870-5-101 и МЭК 60870-5-104 показали, что механизм помехоустойчивости протоколов обеспечивает гарантированную достоверность передаваемых данных 10^{-8} – 10^{-9} . Потерянные во время передачи пакеты данных восстанавливаются

ся на всех скоростях передачи, даже при передаче залпа из 32 команд РЗА.

Экономия частот

Экономия частот состоит в том, что для организации новых среднескоростных каналов ТМ ПА не требуется выделение новых частот в ВЧ тракте. При модернизации ВЧ каналов передачи команд РЗА замена существующего УПАСК с возможностью передачи данных ТМ ПА в полосе передачи команд РЗА позволяет перейти от низкоскоростных каналов ТМ (100, 200 бит/с) к среднескоростным каналам ТМ ПА (1600–38400 бит/с), существенно улучшающих объем и оперативность передачи доаварийной информации на энергообъектах.

Организационный аспект

Организационный аспект внедрения среднескоростных каналов ТМ ПА в составе УПАСК состоит в том, что информация, передаваемая по каналам ТМ ПА используется непосредственно специалистами технологических служб РЗА и не требует получения этой информации из других технологических служб энергообъекта.

Экономический аспект

Экономический аспект определяется тем, что при организации новых ВЧ каналов для передачи команд РЗА и ВЧ каналов для организации каналов ТМ ПА:

1. Не требуется приобретения двух типов аппаратуры – по-существу установки двух шкафов на энергообъекте, что приводит к значительному снижению капитальных затрат. Обслуживающий персонал работает с одним типом каналов образующей аппаратуры с интегрированными функциями.
2. Отсутствует необходимость выделения новых частот с соответствующей оплатой проектным организациям за выдачу новых частот.

3. Служба РЗА получает значительно более высокоскоростные каналы ТМ ПА, практически не влияющие на надежность и безопасность передачи команд РЗА.

Аппаратура ЦВК-16 РЗПА (Ревизия 5) обеспечивает передачу команд РЗА по ВЧ каналу связи (УПАСК ВЧ), по выделенным оптическим волокнам (УПАСК ОВ), по каналам цифровой сети связи (УПАСК ЦС). Одновременно при передаче команд РЗА по ВЧ каналу возможна организация канала ТМ ПА в полосе передачи команд РЗА (2 кГц, 4 кГц) или в соседней с ней полосе шириной от 2 до 32 кГц.

Преимущество организации канала в полосе передачи команд РЗА состоит в том, что на существующих частотах при модернизации ВЧ канала передачи команд РЗА можно обеспечить и работу канала ТМ ПА, но с ограничением по скорости передачи (до 19,2 кбит/с для полосы 2 кГц, до 38,4 кбит/с для полосы 4 кГц).

При использовании дополнительной смежной полосы частот для канала ТМ ПА

При использовании дополнительной смежной полосы частот для канала ТМ ПА возможна передача в полосе от 2 кГц до 32 кГц. Скорость передачи в полосе 32 кГц достигает 425,6 кбит/с. При работе в реальном ВЧ канале при соотношении сигнал/шум 26 дБ может обеспечиваться скорость до 200 кбит/с. Учитывая значительную пиковую мощность огибающей аппаратуры ЦВК-16 РЗПА, достигающую в полосе до 500 кГц 100 Вт, запаса мощности аппаратуры достаточно для сохранения непрерывной передачи данных по каналу ТМ ПА во время передачи команд РЗА. Возможен режим работы со снятием передаваемого сигнала ТМ ПА в смежной полосе на время передачи команд РЗА с восстановлением передаваемого сигнала данных после завершения передачи команды (ко-

манд) РЗА и сохранением синхронизации. В этом случае передача команд РЗА обеспечивается с максимальной выходной мощностью аппаратуры.

При необходимости, аппаратно-программные средства ЦВК-16 РЗПА могут обеспечивать только функции УПАСК ВЧ, УПАСК ОВ, УПАСК ЦС. Для ВЧ канала при соответствующем конфигурировании аппаратуры могут быть одновременно обеспечены функции передачи команд РЗА и передачи данных канала ТМ ПА.

Канал ТМ ПА поддерживается КАМ-модемом либо в полосе передачи команд РЗА, либо в соседней (смежной) полосе, при этом для передачи данных в аппаратуре ЦВК-16 РЗПА реализован встроенный мультиплексор, обеспечивающий временное уплотнение до 4 цифровых каналов. Эти каналы могут быть независимо использованы для передачи данных по протоколам МЭК 60870-5-101 и МЭК 60870-5-104, а также для организации цифровых те-

лефонных каналов по Рекомендации G/729D ITU с сигнализацией вызова и поддержкой 2-х проводных и 4-х проводных окончаний.

Шкаф УПАСК на базе аппаратуры ЦВК-16 РЗПА может быть выполнен либо как приемо-передатчик команд РЗА в дуплексном двунаправленном режиме работы с передачей до 32 команд РЗА, либо как передатчик до 64 команд РЗА, либо как приемник до 64 команд РЗА. Шкафы поставляются в соответствии с СТО 56947007-33.040.20.288-2019.

Функции ЦВК-16 РЗПА в составе шкафа УПАСК ВЧ могут поддерживать канал ТМ ПА без изменения аппаратной конфигурации передачи команд РЗА, а только за счет конфигурирования аппаратуры при использовании программы «Человеко-машинный интерфейс ЦВК-16 РЗПА».