

ОПТИМАЛЬНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВОЕННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

OPTIMAL
DIGITALIZATION OF MILITARY
COMMUNICATION SYSTEMS

E. Isakov
A. Myakotin
S. Krivtsov
O. Gubsky

Summary. The paper considers prospects of development of communication systems, digitization of primary and secondary networks. This article describes the opportunity of principle of a development of military communication, based on the approaches and technical means not requiring the use of nodes much of the hardware structure, bulky antenna structures, extensive wired and feeder lines, bulky jumper and switches on the principle of digital-to-analog and analog-to-digital conversion when using low-power transmitting devices, narrow-band and super narrow-band modes of operation.

Keywords: system of military communications, digitization, digital-to-analog conversion, analog-to-digital conversion, digital transmission systems, email, bandwidth, electromagnetic compatibility

Исаков Евгений Евгеньевич

Д.т.н., с.н.с., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»

Мякотин Александр Викторович

Д.т.н., профессор, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»

Кривцов Станислав Петрович

Старший преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»

Губская Оксана Александровна

Старший лейтенант, курсовой офицер-преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военный институт физической культуры»

oksanochka23932393@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы развития системы связи, цифровизация первичных и вторичных сетей связи. Статья описывает возможность принципиального иного развития систем военной связи, построенной на основе подходов и технических средств, не требующих применения узлов связи много аппаратного состава, громоздких антенных сооружений, протяженных проводных и фидерных линий, громоздкого кроссового и коммутационного оборудования на принципе цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования при использовании маломощных предающих устройств, узкополосных и сверх узкополосных режимов работы.

Ключевые слова: система военной связи, цифровизация, цифро-аналоговое преобразование, аналого-цифровое преобразование, цифровые системы передачи, электронная почта, пропускная способность, электромагнитная совместимость.

В Вооруженных Силах РФ проходит активный процесс реформирования, в том числе и в Войсках связи. При этом основой будет выступать глобальная (пространственно-разнесенная) информационная сеть, создаваемая на базе имеющихся и перспективных сетей связи и передачи данных на основе применения современных телекоммуникационных технологий и обладающая высокими оперативно-техническими характеристиками. Такая сеть должна обеспечить непрерывный и единообразный обмен информацией для всех систем и средств, используемых в мирное время и при ведении боевых действий[1].

В последние годы цифровизация, ранее охватившая в основном гражданские системы связи, все больше и больше проникает в систему связи Вооруженных Сил (ССВС). При этом, не в полной мере учитываются ее отличительные особенности.

Между тем ССВС — сложная иерархическая структура, состоящая из большого множества си-

стем связи по звеньям управления, существенно различающихся по оперативно-тактическим условиям функционирования, предъявляемым функциональным требованиям и коренным образом отличающихся от гражданских систем. Поэтому, нельзя подходить к цифровизации огульно, без учета специфики ее подсистем и без оценки последствий.

Предлагаемый ниже для обсуждения рациональный подход к цифровизации систем военной связи (СВС) обеспечивает, на наш взгляд, учет, как ее достоинств, так и недостатков.

Предварительно следует условиться об основных понятиях.

Под цифровизацией СВС будем подразумевать процесс внедрения в них цифровых методов и средств передачи и обработки информации, а также контроля и управления системой.

Цифровые методы передачи информации реализуются с помощью цифровых систем передачи (ЦСП) в первичных сетях связи (ПСС), а цифровые методы ее обработки в целях повышения достоверности, пропускной способности каналов, коммутации, засекречивания и др., — во вторичных сетях.

Следовательно, надо различать цифровизацию первичных и вторичных сетей. Поскольку дискуссионной является целесообразность цифровизации первичных сетей СВС, то именно она рассматривается в статье.

Возражения против повсеместного перехода в СВС от аналоговых к ЦСП обусловлены возникающими при этом существенными негативными последствиями. Главные из них заключаются в многократном расширении спектра частот электросигнала и в появлении каналов синхронизации, влекущими за собой другие недостатки, которые в совокупности значительно ухудшают качество СВС, с точки зрения предъявляемых требований.

Напомним, что в современных войнах воюющие стороны проводят специальные мероприятия по целенаправленному выводу из строя системы управления и связи противника, которые являются составной частью каждой боевой операции. Для этого агрессор выделяет столько сил и средств разведки, РЭБ и огневого поражения, сколько требуется для надежного достижения цели. Это новая закономерность вооруженной борьбы.

Поэтому, резко возросли такие требования к СВС, как их разведзащищенность, помехоустойчивость, живучесть в смысле устойчивости против воздействия противника и быстрой восстанавливаемости, мобильность в смысле быстроты развертывания, свертывания и перемещения системы, ее узлов и средств связи, а также к множеству и другим составляющих ее устойчивости (автономности, контролируемости, управляемости и пр.).

В рассматриваемых сложнейших для управления войсками условиях бесперебойная связь становится практически недостижимой. Задачей связистов является осуществление своевременной доставки появляющихся в процессе управления только важнейших сообщений, команд, приказов и кратких донесений. Длительная, или частая работа радиоизлучающих средств пунктов управления, даже с перестройкой частот, будет недопустимой. Следовательно, требования о большой пропускной способности СВС, о реализации в них всех видов связи для современных условий вооруженной борьбы являются устаревшими.

В условиях прогнозируемых войн на Юге России и просторах Сибири и Дальнего Востока, важное значе-

ние будут иметь такие требования, как малые массогабаритные характеристики и малое энергопотребление, так как они в большой мере будут определять реальную возможность своевременного развертывания и обеспечения длительной работы полевых систем связи фронтов и армий.

Из требований к системам связи вытекают следующие требования к военным средствам и комплексам связи (ВСКС):

- ◆ иметь особо малые линейные размеры, размещаться в экранированных упаковках, хорошо противостоящим полям ЭМИ (защита от поражающих электромагнитных воздействий);
- ◆ применять в составе радиолиний маломощные (до 1...10 Вт.) и особо маломощные (до 10...100 мВт) передающие устройства (защита от средств разведки, обеспечение электромагнитной совместимости и автономности);
- ◆ применять узкополосные и сверх узкополосные (до десятков Гц) режимы работы радиосредств (обеспечение ЭМС, разведзащищенности и помехозащищенности связи);
- ◆ применять широкодиапазонные, многодиапазонные и многочастотные радиосредства с быстрой сменой частот и частотных диапазонов (защита от средств РЭВ и ВТО, обеспечение ЭМС со средствами РЭБ);
- ◆ использовать для радиосвязи частотные диапазоны и полосы частот, электромагнитно недоступные для средств радиоразведки и средств РЭВ (частоты выше 25...50 ГГц);
- ◆ допускать размещение базовых средств связи в малогабаритных контейнерах для быстрой их доставки к местам развертывания с применением войсковых вертолетов и иных летательных аппаратов (обеспечение мобильности и автономности);
- ◆ обеспечивать работу короткими сеансами связи в режимах быстрогодействия (единицы минут) и сверх быстрогодействия (защита от средств разведки, обеспечение ЭМС и автономности);
- ◆ строить военные сети на основе подходов и технических средств, не требующих применения узлов связи много аппаратного состава, громоздких антенных сооружений, протяженных проводных и фидерных линий, громоздкого кроссового и коммутационного оборудования и пр. (защита от всех видов разведки, от поражающих воздействий ВТО и ЭМИ, обеспечение мобильности и автономности);
- ◆ создавать ВСКС на принципах, обеспечивающих достаточно экономную подготовку в отношении связи возможных театров военных действий.

Таблица 1. Сопоставление АСП и ЦСП по некоторым показателям в относительно условных единицах

Тип системы передачи	АСП	ЦСП
Виды сигналов	Непрерывные	Дискретные (цифровые)
Синхронизация на внутриузловом (станционном) уровне	Не нужна	Необходима
Синхронизация на канальном, линейном, сетевом и межсетевом уровнях	Не нужна	Необходима
Полоса частот (в относительных условных единицах)	1	$\geq 20 \dots 100$
Верхняя частота линейного спектра	1	$\geq 20 \dots 100$
Вид связи	Безпороговый	Пороговый
Возможное число параметров контроля	Бесконечно велико	Ограничено (3...5)
Динамический диапазон	Бесконечен	Ограничен
Помехозащитность при импульсных помехах	1	10–3... 10–5
Автоматическое изменение скорости передачи по каналам	Реализуемо	Не реализуемо
Применение способов помехоустойчивого кодирования сигналов	Реализуемо	Реализуемо
Применение засекречивания каналов синхронизации для защиты от навязывания ложной информации	Нет необходимости	Не реализуемо
Применение засекречивания каналов управления пропускной способностью (канальным ресурсом) на сетевом уровне	Реализуемо	Практически не реализуемо
Использование кабельных линий в направляющих системах	Без ограничений	В ограниченных случаях
Использование волоконно-оптических линий	Без ограничений	Без ограничений
Использование в составе радиолиний (КВ, РРЛ, ТРЛ и др.)	Без ограничений	В ограниченных случаях
Использование проводных линий для подключения аппаратуры	Без ограничений	В ограниченных случаях
Возможные разрешающие свойства подсистем АСУС при контроле параметров каналов и связи по технологическим характеристикам	Близки к идеальным	Низкие
Стоимость средств метрологического контроля	1	2...5
Стоимость программных средств оборудования	1	10...100
Стоимость аренды каналов у гражданских предприятий связи	1	5–10
Особенность организационных мероприятий при промышленном производстве и развертывании оборудования	Не требуется радикальной реконструкции	Требуется радикальная реконструкция
Стоимость оборудования и сопрягаемых средств	1	5...10

Из приведенного перечня следует, что основу современных (перспективных) ВКС должны составлять узкополосные, многочастотные и широкодиапазонные средства радиорелейной, тропосферной, спутниковой и коротковолновой радиосвязи с относительно низкими значениями выходной мощности их передатчиков ($P_{\text{прд}} \leq 1 \dots 10 \text{ Вт}$).

Для дальнейшего анализа приведем в сопоставлении основные свойства АСП и ЦСП [2,3], сведя их для удобства обозрения в таблицу 1

Анализируя свойства ЦСП и АСП с точки зрения приведенных требований к военным системам и средствам связи, нетрудно видеть, что несомненными преимуществами обладают аналоговые системы передачи.

Их содержание определяется изначально присущему АСП огромному (теоретически бесконечному) динамическому диапазону, обеспечивающему возможности для

передачи бесконечного многообразия форм непрерывных модулирующих сигналов в ограниченной полосе частот.

Это обеспечивает технические и технологические предпосылки для:

- ◆ постепенного наращивания пропускной способности АСП в заданной полосе частот за счет применения все более совершенной оконечной (абонентской) аппаратуры, использующей современные промышленные технологии для плотной «упаковки» информационных сигналов в ограниченной полосе частот (средства многоканальной модемной связи, средства видеосвязи по каналам ТЧ и пр.);
- ◆ уменьшения канальной емкости (по числу каналов ТЧ) применяемых в военной связи АСП с одновременным сохранением требований к их пропускной способности с целью сужения занимаемой полосы частот, снижения мощности

передатчиков, уменьшения массогабаритных показателей и энергопотребления линейного оборудования;

- ◆ дальнейшего расширения динамического диапазона самих АСП за счет применения современных технологических решений и элементной базы в данной области;
- ◆ постепенного (по мере совершенствования соответствующих технологий и средств) придания АСП свойств, отвечающих перечисленным выше требованиям к ВСКС.

Главное отличие ЦСП от АСП заключается в существенном ограничении их динамического диапазона за счет применяемых этапов дискретизации и кодирования информационных сигналов. Подобное ограничение сопровождается и многократным расширением занимаемой полосы частот. Теоретически, для сохранения присущего АСП динамического диапазона занимаемая линейным спектром ЦСП полоса частот оказывается бесконечно широкой.

Поэтому, ЦСП существенно уступают АСП в выполнении, прежде всего, наиболее важных требований к СВС, по разведзащищенности и помехозащищенности, а следовательно, живучести; в энергопотреблении радиоизлучающих средств, а следовательно, их мобильности и автономности.

Неприемлемость ЦСП для СВС становится еще более очевидной, если учесть еще один из главных их недостатков, необходимость синхронизации, причем не локальной на отдельных линиях, а во всей иерархии системы связи ВС, которая к тому же должна поддерживать синхронизацию с ВСС страны.

Легко себе представить, насколько облегчилась бы для противника задача вывода из строя цифровых ССВС.

Однако, как показывает практика проведения по данной проблематике семинаров в ВАС и в ряде других учреждений связи, с такой оценкой целесообразности «обратного перехода» в СВС от цифровых на аналоговые системы передачи согласны далеко не все военные специалисты — связисты. Значительная часть участников дискуссий мотивировали целесообразность перехода в СВС с АСП на ЦСП только тем, что якобы «во всем мире проводится цифровизация телекоммуникационных систем, значит и нам так надо. Другие сторонники цифровизации ссылались на применение ЦСП в СВС США, подчеркивая необходимость обеспечения паритета с ними наших аналогичных систем. Позиция отдельных специалистов определялась якобы технологическими преимуществами массового производства ЦСП. При этом, мало кто из участников семинаров был

осведомлен о том, что производственная технология АСП также не стоит на месте и по ряду позиций не только смыкается с техникой ЦСП, но и значительно (на несколько порядков) превышает функциональные возможности ЦСП.

Речь в данном случае идет об упущенной из вида национальной военной наукой и практикой способов построения аналоговых телекоммуникационных систем с использованием современных средств и методов цифровой обработки сигналов. Важно отметить, что ряд национальных частных компаний и предприятий ныне успешно присутствуют на рынке с реализацией на способах ЦОС ряда типов телекоммуникационных устройств, располагающих уникальными оперативно-техническими и эксплуатационными характеристиками. Однако, для военной науки и практики они продолжают оставаться «вещью в себе».

Из вышеизложенного следует, что по предъявляемым требованиям и условиям функционирования системы военной связи существенно отличаются от гражданских систем, поэтому подходы к их цифровизации должны быть принципиально разными. Если в гражданской системе связи, возможно, и целесообразна «глобальная» цифровизация, имея в виду все структурные элементы и протекающие в них процессы, то в ССВС подобная «глобальная» цифровизация не только не целесообразна, но, может быть, и не допустима.

Из вышеизложенного вытекает, что в ССВС по всей ее иерархии целесообразно осуществлять цифровизацию только вторичных сетей. Причем, она должна распространяться, преимущественным образом, на оконечную (терминальную, абонентскую) и промежуточную (коммутационную) аппаратуру, в локальных объемах которой не имеют принципиального значения (за счет совершенства применяемых технологий) существенные изменения динамического диапазона и занимаемой полосы частот при преобразовании непрерывных сигналов к цифровой форме и наоборот.

К числу возможных направлений подобной цифровизации могут быть отнесены такие, как:

- ◆ широкое применение средств модемной связи, обеспечивающих автоматическое изменение скорости передачи информации по каналам связи в зависимости от электрических параметров самих каналов и мощности наведенных помех. Продолжающееся быстрое совершенствование самих модемных устройств в области повышения их быстродействия (пропускной способности), помехозащищенности и многоканальности открывает все новые возможности для их расширенного применения в военной связи;

- ◆ применение средств факсимильной связи, располагающих возможностям для передачи информации при особо низких отношениях сигнал/шум за счет использования разрешающих свойств человеческого глаза;
- ◆ применение средств электронной почты, рассчитанной на передачу информации по существующим (аналоговым) каналам связи с использованием существующей и перспективной (на современных цифровых технологиях) аппаратуры засекречивания. Обеспечивает доставку информации как по «прямым», так и по автоматически формируемым в рамках вторичных сетей обходным маршрутам[2];
- ◆ применение цифровых способов обработки сигналов в оконечных (терминальных) устройствах для гарантированного засекречивания передаваемой информации, узкополосной частотной фильтрации для выделения сигналов из помех, помехоустойчивого кодирования, наращивания числа каналов и быстродействия (пропускной способности) в ограниченной полосе частот («уплотнения сигналов по форме») и т.п.
- ◆ применения цифровых технологий для построения малогабаритного (без применения реле) коммутационного оборудования, не требующего общесетевой и иной синхронизации;
- ◆ использования цифровых технологий для реализации функций автоматизированного контроля и управления вторичными сетями на аналоговом (каналы связи, линии привязки) и дискретном (терминальные устройства) уровнях.

Практика военной связи уже дает множество положительных примеров успешности подобной цифровизации. Все более широко используются средства модемной

и факсимильной связи, средства электронной почты с использованием типовой СА и каналов ТЧ. На «подходе» применение «одноплатной» аппаратуры гарантированного засекречивания, оборудования мультимедийной связи по каналам ТЧ, средств автоматизированного технологического контроля и управления сетями связи и др.

Характерным примером этому могут служить и успешное применение на ряде узлов связи МО специального малогабаритного технического средства на способах ЦОС, обеспечивающего одновременное формирование по одному каналу ТЧ до четырех телефонных каналов коммерческого качества.

Необходимо, также, отметить, что быстрое совершенствование средств и технологий в области построения аналоговых процессорных устройств, в обозримом будущем вполне может привести к результатам, обеспечивающим решение значительной части задач обработки и преобразования сигналов в оконечных устройствах без их преобразования к цифровой форме.

Что же касается цифровизации первичных сетей в смысле перехода от АСП к ЦСП, то она в СВС не должна быть глобальной, т.е. повсеместной во всей иерархии данной системы. В полевых системах связи и в мобильных компонентах стационарных СВС цифровизация первичных сетей и линий связи в общем случае, по нашему мнению, не целесообразна.

Вместе с тем, из изложенного следует, что проблема цифровизации ССВС, которой мы коснулись лишь частично, сложна и многогранна, поэтому для выработки предложений по ее решению требуется основательное ее исследование в специальной НИР с участием НИУ МО и промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривцов С.П., Микина Н. С. Совершенствование линий дистанционного управления передатчиками радицентра стационарного узла связи при использовании современных телекоммуникационных средств Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании // IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. тр. в 3 т. / под. ред. С. В. Бачевского. СПб.: СПбГУТ, 2016. С. 282–285.
2. Кривцов С. П. Перспективы развития системы управления стационарным узлом связи, оснащённой новыми инфотелекоммуникационными средствами // IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. тр. в 3 т. / под. ред. С. В. Бачевского. СПб.: СПбГУТ, 2016. С. 286–289.

© Исаков Евгений Евгеньевич, Мякотин Александр Викторович,

Кривцов Станислав Петрович, Губская Оксана Александровна (oksanochka23932393@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»