

УДК 53.083 (430.1)

С.А. Тишко, В.Г. Смоляр

Военный институт телекоммуникаций та информатизации НТУУ «КПИ», Полтава

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ЗАДАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИЕМНИКА АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проведен анализ существующих методов измерения частоты. Рассмотрены режимы измерения геодезических величин с использованием глобальных спутниковых систем навигации. Предложены методические основы и перечень моделей необходимых для решения данной измерительной задачи с применением приемников аппаратуры потребителя спутниковой навигационной системы.

Ключевые слова: телекоммуникационные комплексы, частота, измерение, спутниковая навигационная система, аппаратура потребителя.

Постановка проблемы. Переход к цифровым методам передачи информации и обработки сигналов значительно обострил проблему стабилизации частоты задающего генератора и синхронизации, как отдельных устройств, так и систем передачи и обработки информации в целом.

Анализ последних исследований и публикаций. Учитывая важность указанной проблемы, ее решению всегда уделялось много внимания, что нашло отражение во многих публикациях [1-3].

Наиболее близкой к целям и задачам, решаемым в данной статье, является работа [1]. Однако ориентация предложенного в [1] метода на использование несущих частот сигнала GPS в качестве эталонных приводит к следующим недостаткам: необходимость введения дополнительного режима работы приемника аппаратуры потребителя спутниковой радионавигационной системы (АП СРНС); отсутствие учета влияния доплеровского эффекта, обусловленного движением навигационного спутника; работа по излучению одного навигационного спутника может привести к потере опорного сигнала.

Цель статьи. Предложить способ измерения частоты задающих генераторов из состава телекоммуникационных комплексов связи с применением приемника АП СРНС, выработать предложения для достижения требуемого уровня достоверности проведения контроля рассматриваемым способом.

Основная часть

Задачу измерения частоты задающих генераторов из состава телекоммуникационных комплексов связи, в процессе применения по

назначению предлагается решать с использованием приемников АП СРНС, в абсолютном режиме работы на основе проведения псевдодальномерных измерений.

Выбор данного режима работы приемника АП СРНС обусловлен следующими факторами:

- простота реализации (отсутствие необходимости использовать дополнительную информацию от внешних источников, кроме навигационных спутников);
- достаточно малое время начала проведения измерений (контроля) в районах без проведения предварительных работ (единицы минут);
- высокий уровень быстродействия (отсутствие постобработки результатов измерения);
- низкая стоимость (рассматриваемый режим реализуется с использованием одного приемника АП СРНС);
- обеспечение необходимой точности измерения.

Как известно, процедура измерения навигационных величин в глобальных спутниковых системах определения местоположения реализует односторонний метод дальномерных измерений. При выполнении спутниковых измерений определяющим параметром является расстояние между навигационным спутником и приемником АП СРНС. Тогда одновременное определение значений расстояний до нескольких навигационных спутников позволяет при условии знания их координат с использованием метода пространственной линейной засечки вычислить значение погрешности задающего генератора, входящего в состав телекоммуникационных систем связи. Основным показателем таких измерений является разность между моментом передачи кодовой посылки (при отсчете времени по часам,

установленным на навигационном спутнике) и моментом времени приема упомянутой посылки (при отсчете времени по часам приемника АП СРНС).

Показания часов на спутнике и в приемнике, как правило, расходятся, что приводит к возникновению соответствующей погрешности измерения искомого расстояния.

Таким образом, соотношение для псевдодальномерных измерений имеет вид:

$$[(t_n + \Delta t_c) - (t_c + \Delta t_c)] \cdot c = R + \Delta R,$$

где t_n, t_c – показания часов приемника АП СРНС и навигационного спутника, регистрируемые в момент измерения псевдодальности; $\Delta t_n, \Delta t_c$ – уход показаний часов относительно эталонного времени на момент проведения соответствующего отсчета; c – скорость распространения электромагнитных волн в вакууме; R – измеренное значение геометрического расстояния между приемником АП СРНС и навигационным спутником на момент измерения; ΔR – суммарное значение погрешности измерения геометрического расстояния между приемником АП СРНС и навигационным спутником.

Анализ перечня технических средств, входящих в состав навигационного спутника, алгоритмов формирования кодовых посылок, реализуемых в них, позволяет сделать следующий вывод: элементом, определяющим точность хода часов спутника, являются генераторы, установленные на нем. Как указано в [4], на борту навигационных спутников, входящих в состав глобальной спутниковой системы определения местоположения GPS, используются высокостабильные генераторы на базе рубидиевых и цезиевых атомных генераторов, а также водородные молекулярные генераторы (мазеры). Данные генераторы имеют характеристики, приведенные в табл. 1.

Анализ известных телекоммуникационных систем связи, показывает, что в их состав входят задающие генераторы, построенные на базе кварцевых генераторов.

Тогда, исходя из данных, приведенных в табл. 1, видно, что точностные характеристики высокостабильных генераторов, установленных на навигационных спутниках, на 4 - 7 порядков выше, чем у генераторов из состава телекоммуникационных систем. Это делает задачу коррекции частоты полевых генераторов средств связи по сигналам GPS актуальной и перспективной.

Следует отметить, что с целью уменьшения погрешности ухода бортовых часов, сектором управления и контроля глобальной спутниковой системы определения местоположения GPS не реже одного раза в сутки проводится их корректировка.

Таблица 1

Основные характеристики высокостабильных генераторов

Характеристика	Тип генератора		
	Рубидиевый	Цезиевый	Водородный
Относительная нестабильность частоты за:			
1 мин	$2 \cdot 10^{-12}$	$6 \cdot 10^{-12}$	$6 \cdot 10^{-14}$
1 час	$1 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-14}$
1 сутки	$5 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-14}$
Систематический дрейф	$3 \cdot 10^{-11}$ (за месяц)	$3 \cdot 10^{-12}$ (за год)	Не обнаружен

Таким образом, исходя из правил суммирования погрешностей, приведенных в [5], при расчете значения ΔR составляющей погрешности, обусловленной нестабильностью высокостабильных генераторов из состава навигационных спутников, возможно пренебречь.

Тогда для определения погрешности частоты задающего генератора при проведении псевдодальномерных измерений решается следующая система уравнений:

$$\begin{cases} R'_1 = \sqrt{(X_{C1} + X_{П})^2 + (Y_{C1} + Y_{П})^2 + (Z_{C1} + X_{П})^2} + \Delta R; \\ R'_2 = \sqrt{(X_{C2} + X_{П})^2 + (Y_{C2} + Y_{П})^2 + (Z_{C2} + X_{П})^2} + \Delta R; \\ R'_3 = \sqrt{(X_{C3} + X_{П})^2 + (Y_{C3} + Y_{П})^2 + (Z_{C3} + X_{П})^2} + \Delta R; \\ R'_4 = \sqrt{(X_{C4} + X_{П})^2 + (Y_{C4} + Y_{П})^2 + (Z_{C4} + X_{П})^2} + \Delta R, \end{cases}$$

где $R'_{1..4}$ – значение псевдодальности до соответствующего спутника; $X_{C1..C4}, Y_{C1..C4}, Z_{C1..C4}$ – текущие координаты четырех одновременно наблюдаемых спутников; $X_{П}, Y_{П}, Z_{П}$ – текущие координаты телекоммуникационной системы, для которой проводятся измерения частоты задающего генератора; ΔR – суммарное значение погрешности измерения геометрического расстояния между приемником АП СРНС и навигационным спутником, обусловленное погрешностью задающего генератора.

Для достижения требуемого уровня достоверности контроля частоты задающих генераторов с использованием АП СРНС необходимо учитывать влияние внешней среды на результат измерения.

Исходя из анализа измерительного процесса, характерного для системы GPS, все основные источники погрешностей можно условно разделить на три основные группы:

составляющие погрешности, связанные с неточностью знания исходных данных, из которых определяющая роль принадлежит погрешностям знания эфемерид спутников, значения которых должны быть известны на момент проведения измерений;

составляющие погрешности, обусловленные влиянием внешней среды, в числе которых выделяют такие источники, как воздействие атмосферы (ионосферы и тропосферы) на результат спутниковых измерений, а также отражение от окружающих объектов радиосигналов;

инструментальная составляющая погрешности, к которой, как правило, относятся неточность знания положения фазового центра антенны приемника АП СРНС, неучтенные временные задержки при прохождении информационных сигналов через аппаратуру, а также погрешности, связанные с работой регистрирующих устройств GPS приемников.

Анализ значений каждой группы составляющих погрешности показывает, что значения погрешности первой и второй групп в среднем на один - два порядка превосходят составляющие третьей группы. Исходя из вышеприведенных замечаний о правилах суммирования погрешностей, рассмотрим способы уменьшения влияния на точность измерения частоты задающих генераторов погрешностей, относящихся к первой и второй группам.

С целью уменьшения влияния погрешности эфемерид спутников в составе информационного сообщения передаются текущие значения эфемерид космических аппаратов. Применение данной информации обеспечивает точность измерения на уровне $1 \cdot 10^{-6}$. Для увеличения точности измерения целесообразно использовать апостериорный метод определения эфемерид. Более подробно данный метод описан в [6].

Для уменьшения погрешности измерения частоты задающих генераторов, обусловленной влиянием ионосферы, наибольшее распространение получила модель Клобушара. Перечень исходных данных, последовательность выполнения вычислительных операций, необходимых для использования указанной модели изложен в [7].

Учет погрешности, обусловленной влиянием тропосферы, проводят с использованием моделей Холфилда, либо Саастмойнена. Перечень исходных данных, совокупность необходимых вычислительных операций для практического использования указанных моделей изложено в [8].

Анализ известных теоретических и экспериментальных исследований позволяет сформулировать следующие рекомендации по

ослаблению влияния на точность измерения эффекта многопутного распространения радиоволн:

- при разработке антенных систем приемников АП СРНС необходимо обращать внимание на установку экранирующих приспособлений, препятствующих попаданию отраженных радиосигналов на вход антенны;

- на пунктах, подверженных влиянию отражений, следует использовать циклическую кривую изменения погрешностей из-за отражений, с последующим усреднением результатов.

Выводы

В статье рассмотрена возможность применения приемника АП СРНС, работающего в абсолютном режиме измерения, для проведения контроля частоты задающих генераторов из состава телекоммуникационных комплексов связи. Предложены методические основы, перечень моделей необходимых для решения данной измерительной задачи.

Список литературы

1. Нетудыхата Л.И. Экспериментальные исследования формируемых GPS сигналов синхронизации информационных сетей / Л.И. Нетудыхата, В.И. Борц, В.В. Коваль // *Зв'язок*. – 2007. – № 4(72). – С. 18–21.
2. Брени С. Синхронизация цифровых сетей связи / С. Брени ; [Пер. с англ. С. Пугачёва]. – М. : Мир, 2003. – 156 с.
3. Давыдкин П.Н. Тактовая сетевая синхронизация / П.Н. Давыдкин, М.Н. Колтунов, А.В. Рыжков. – М. : Эко-Трендз, 2004. – 205 с.
4. Генеке А.А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А.А. Генеке, Г.Г. Побединский. – М.: «Картогеоцентр»- «Геодезиздат», 1999. – 272 с.
5. Тойберт П. Оценка точности результатов измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 88 с.
6. Базлов Ю.А. Параметры связи координат / Ю.А. Базлов, А.П. Герасимов, Г.М. Ефимов // *Геодезия и картография*. – 1996. – №8. – С. 6–7.
7. Кучеренко Д.Е. Оценка точности местоположения, полученного по спутниковой системе NAVSTAR / Д.Е. Кучеренко // *Геодезия и аэрофотосъемка*. – 1992. – №1. – С. 32–34.
8. Методические рекомендации по использованию спутниковых приемников WILD GPS System 200 при создании спутниковой сети I класса [авт. текста В. Смелов]. – Нижний Новгород: ВАГПИ, 1996. – 50 с.

Надійшла до редакції 31.08.2009 р.

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.І. Слюсар, Центральний науково-дослідницький інститут озброєння і військової техніки Вооружённых сил України, Київ.

СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ЗАДАЮЧИХ ГЕНЕРАТОРІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИЙМАЧА АПАРАТУРИ СПОЖИВАЧА СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

С.О. Тишко, В.Г. Смоляр

В статті проведений аналіз відомих методів вимірювання частоти. Розглянуті режими вимірювання геодезичних величин з використанням глобальних супутникових систем навігації. Запропоновані методичні основи та перелік моделей необхідних для вирішення даної виміральної задачі з використанням приймачів апаратури користувача супутникової навігаційної системи.

Ключові слова: телекомунікаційні комплекси, частота, вимірювання, супутникова навігаційна система, апаратура споживача.

METHOD OF MEASURING THE FREQUENCY OF TELECOMMUNICATION COMPLEXES MASTER CLOCKS WITH THE USE OF RECEIVER OF APPARATUS OF USER SATELLITE NAVIGATIONAL SYSTEM IN THE FIELD

S.A. Tishko, V.G. Smolyar

In this article you can see the analysis of modern methods of checking frequency. The routings of checking geodesic values with using the global satellite systems of navigation have been examined. The methodical base and the list of models, witch are necessary for solving given measuring task with using the receiver of the global satellite advantage apparatus are represented.

Keywords: telecommunication complexes, frequency, measuring, satellite navigational, apparatus of user.

УДК 623.438.334

Б.П. Матузко, О.Є. Шаталов, Д.Є. Хаустов

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ СУЧАСНИХ ТАНКІВ

Для надання завершеності роботам із модернізації сучасних танків виникає необхідність проведення порівняльного оцінювання існуючих і модернізованих зразків. Вирішення задачі порівняльного оцінювання може досягатися шляхом застосування методу, який базується на апріорній оцінці зразків за різних умов бойового застосування і обрання на цій основі найбільш прийняттого варіанту для модернізації.

Ключові слова: танк, оцінювання ефективності, модернізація танків.

Вступ

Постановка проблеми й аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпечення обороноздатності держави сьогодні слід розглядати насамперед як похідну від рівня розвитку економічної, інформаційної, власне військової і науково-технологічної бази. Проте, на жаль, доводиться констатувати, що протягом останнього десятиліття обороноздатність України поступово втрачає свій потенціал. Серед основних причин останнього можна виділити:

стійке скорочення бюджетних асигнувань на оборонні потреби;

поступове моральне й фізичне старіння озброєння та військової техніки (ОВТ), виснаження ресурсних можливостей військ.

При цьому велику тривогу викликає стан ОВТ у Збройних Силах, який не відповідає вимогам сьогодення. За технічним станом, фактичними

строками експлуатації більшість зразків ОВТ потребують модернізації або заміни. Брак фінансування посилив дію внутрішніх негативних чинників, що впливають на темпи технічного переоснащення Збройних Сил, а саме:

зростання до критичного рівня технологічного відставання України від провідних держав світу у створенні ОВТ нового покоління;

відсутність комплексності у вирішенні питань переозброєння і відірваність від реальних можливостей держави;

незавершеність формування державної стратегії щодо розроблення, виробництва та закупівлі складних систем і комплексів ОВТ і її законодавчого супроводження [1].

Потреба підвищення обороноздатності України та боєздатності Збройних Сил вимагає їх технічного переоснащення. При цьому, враховуючи реалії сьогодення щодо економічних можливостей держави, найбільш прийнятним є модернізація існуючого ОВТ, у тому числі і танків.