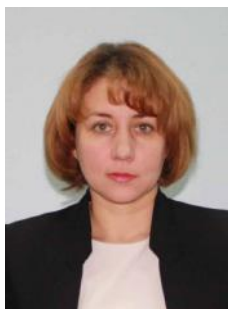




Ураксеев М. А.
Urakseev M. A.

доктор технических наук, профессор
кафедры «Информационно-
измерительная техника», ФГБОУ
ВО «Уфимский государственный
авиационный технический
университет»,
г. Уфа, Российская Федерация



Левина Т. М.
Levina T. M.

кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Общенаучные
дисциплины», филиал ФГБОУ
ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»
в г. Салавате,
г. Салават, Российская Федерация



Бажанова Т. В.
Bazhanova T. V.

студент, филиал ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
нефтяной технический университет»
в г. Салавате,
г. Салават, Российская Федерация

УДК 321.3.08

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА ИНТЕГРИРОВАНИЯ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Предложено использование магнитооптического эффекта Фарадея в современном измерительном комплексе контроля электрического тока и магнитного поля с цифровым интегрирующим устройством. Обоснована необходимость создания измерительных комплексов с улучшенными характеристиками (точность, надежность, чувствительность, малые габариты) для автоматизации производственных процессов на нефтегазовых предприятиях. Рассматриваемый измерительный комплекс направлен также на решение проблемы получения актуальной и сиюминутной информации on-line при диагностике остаточного ресурса оборудования на нефтегазовых предприятиях. Описана структурная схема чувствительного элемента измерительного комплекса контроля электрического тока и магнитного поля, содержащая проводник электрического тока, создающий магнитное поле, лазерный диод, поляризатор, чувствительный элемент, анализатор, измерительный блок.

В статье описан принцип действия измерительного комплекса контроля электрического тока и магнитного поля, который направлен на решение вопросов повышения точности, надежности, чувствительности, обеспечения малых габаритов. Приведены структурная схема и алгоритм цифрового устройства интегрирования, которые можно использовать при автоматизации контроля и диагностики остаточного ресурса оборудования и производственных процессов на нефтегазовых предприятиях. Рассмотрен программно разработанный прототип, содержащий входной преобразователь типа «напряжение-код» и вычислитель-микропроцессор со всеми типовыми вспомогательными большими интегральными схемами. В программно разработанном прототипе приведена укрупненная схема микропроцессорного интегрирующего устройства, в состав которого входят: таймер типа параллельный периферийный интерфейс типа KP580BB55, многорежимный буферный регистр типа K589IP12, дешифраторы адреса, параллельный преобразователь «напряжение-код», схема выборки и хранения и ряд вспомогательных логических элементов. Приведены интерфейсы программно разработанного прототипа микропроцессорного интегрирующего устройства. Автоматизация процессов при диагностике остаточного ресурса оборудования на нефтегазовых предприятиях позволит получать сиюминутную, актуальную информацию.

Ключевые слова: измерительный комплекс, эффект Фарадея, электрический ток, магнитное поле, чувствительный элемент, алгоритм, цифровое устройство интегрирования, точность, надежность, интерфейс.

ALGORITHM OF THE DIGITAL INTEGRATING DEVICE IN THE MEASURING SYSTEM FOR CONTROL OF THE ELECTRIC CURRENT AND MAGNETIC FIELD

Proposed use of the magneto-optical Faraday effect in the modern measuring complex control of electric current and magnetic field with a digital integrator. The necessity of creation of measuring systems with improved performance (accuracy, reliability, sensitivity, small size) for the automation of production processes in the oil and gas companies. Also considered measuring system is aimed at the fact that more and more processes in the diagnosis of residual equipment life at oil and gas facilities require urgent and immediate information on-line. We describe a block

diagram of the sensor measuring complex control of the electric current and magnetic field comprising a conductor of electric current creates a magnetic field, a laser diode, a polarizer, the sensing element, analyzer, measuring unit.

The article describes the principle of measuring the complex control of the electric current and magnetic field, which aims to address these shortcomings as accuracy, reliability, sensitivity, small size. The block diagram of the algorithm and the integration of digital devices that you can use to automate the monitoring and diagnosis of a residual resource of oil and gas equipment manufacturing enterprises in the process of oil and gas enterprises. Considered software developed prototype comprises an input transducer, such as «code voltage» and a computer microprocessor with all the auxiliaries typical large-scale integrated circuits. The software developed prototype is shown enlarged diagram of the microprocessor of the integrating device, which includes: a timer such as a parallel peripheral interface type KR580BB55 multimode type K589IP12 buffer register, address decoder, parallel converter «voltage code», and sampling and storing a number of auxiliary circuit logic elements.

Results software interfaces developed a prototype microprocessor integrator. Process automation in the diagnosis of residual life of equipment in the oil and gas companies allow momentary and receive up to date information.

Key words: measuring system, the Faraday effect, electric current, magnetic field sensor, algorithm, digital device integration, accuracy, reliability, interface.

На сегодняшний день основная тенденция развития информационно-измерительных и управляющих систем заключается в автоматизации производственных процессов на нефтегазовых предприятиях, что позволит уменьшить риски при принятии решений за счет перехода к машинному контролю больших и сложных измерительных комплексов и систем. В связи с этим растет необходимость разработки измерительных комплексов с улучшенными характеристиками (точность, надежность, чувствительность, малые габариты), при этом контроль параметров электрического тока и магнитного поля находит широкое применение в измерительных комплексах и системах диагностики остаточного ресурса оборудования нефтегазовых предприятий.

В настоящее время существуют средства измерения электрического тока и магнитного поля, но имеющиеся у них характеристики обладают рядом недостатков [1, 2, 3]. Низкие параметры искро-, взрывобезопасности, точности, быстродействия обусловлены тем, что материал изготовления чувствительных элементов существующих измерительных комплексов контроля электрического тока и магнитного поля подвержен внешнему излучению или его установка требует разрыва электрической цепи [4].

Рассматриваемый в статье измерительный комплекс контроля электрического тока и магнитного поля направлен на решение данных недостатков, а также на получение актуальной и сиюминутной информации on-line при диагностике остаточного ресурса оборудования на нефтегазовых предприятиях.

Интеграция измерительного комплекса контроля электрического тока и магнитного поля с цифровым интегрирующим устройством является наиболее удобным решением [5].

В основе построения современного измерительного комплекса контроля электрического тока и магнитного поля с цифровым интегрирующим устройством находится волоконно-оптический чувствительный элемент, использующий магнитооптический эффект Фарадея.

Если изготовить кольцо из нескольких витков оптоволоконна n_f и намотать на это кольцо провод, то, пропустив электрический ток I , можно получить пре-

образователь магнитного поля, обладающий высокой чувствительностью. При этом угол вращения плоскости поляризации

$$\varphi = V n_f n_i I,$$

где n_i — число пересечений I с n_f [6].

Чувствительный элемент отражает физические процессы, происходящие при действии внешнего магнитного поля на оптическое излучение, проходящее по чувствительному элементу. Структурная схема чувствительного элемента приведена на рисунке 1.

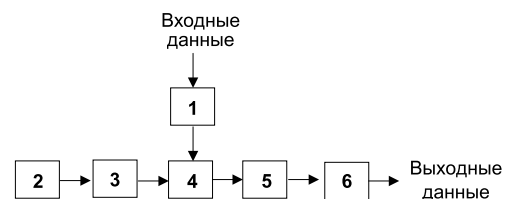


Рисунок 1. Структурная схема чувствительного элемента измерительного комплекса контроля электрического тока и магнитного поля:

1 — проводник электрического тока, создающий магнитное поле; 2 — лазерный диод; 3 — поляризатор; 4 — чувствительный элемент; 5 — анализатор; 6 — измерительный блок [7]

При практической реализации к цифровым интегрирующим устройствам не предъявляется строгих требований по микропроцессорным средствам [8]. Рассмотрим программно разработанный прототип, состоящий из входного преобразователя «напряжение в код» и вычислителя со всеми стандартными вспомогательными большими интегральными схемами (БИС).

В программно разработанном прототипе приведена укрупненная схема микропроцессорного интегрирующего устройства, в состав которого входят: таймер типа параллельный периферийный интерфейс (ППИ), многорежимный буферный регистр (МБР), дешифратор адреса, аналого-цифровой преобразователь, схема выборки и хранения и ряд сопутствующих логических элементов. Схема приведена на рисунке 2.

Алгоритм работы микропроцессорного интегратора отличается простотой (рисунок 3) [9].

Приведем реализацию алгоритма подробнее. При выполнении арифметической операции сложения (вычитания) знаковые разряды обрабатываются цифровыми.

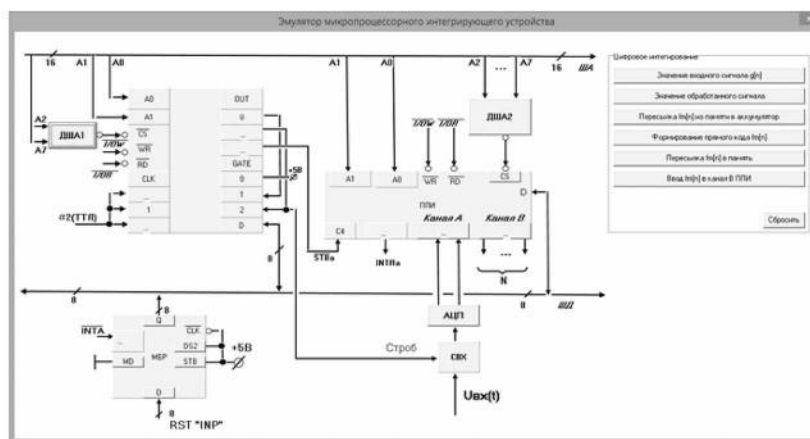


Рисунок 2. Интерфейс программно разработанного прототипа микропроцессорного интегрирующего устройства

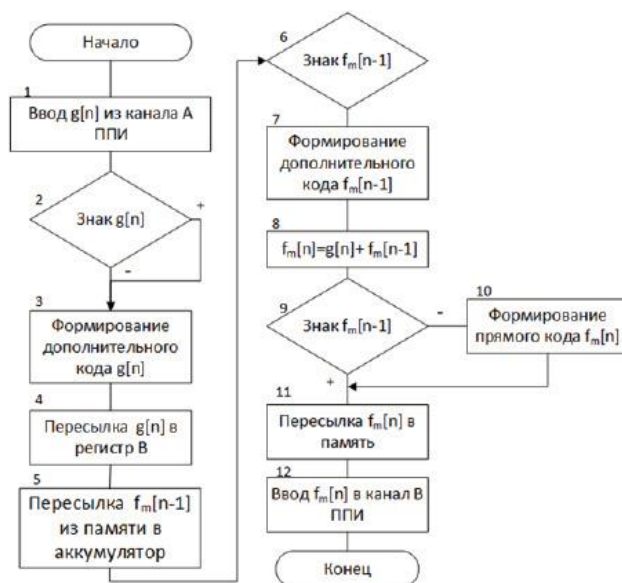


Рисунок 3. Алгоритм подпрограммы микропроцессорного интегратора

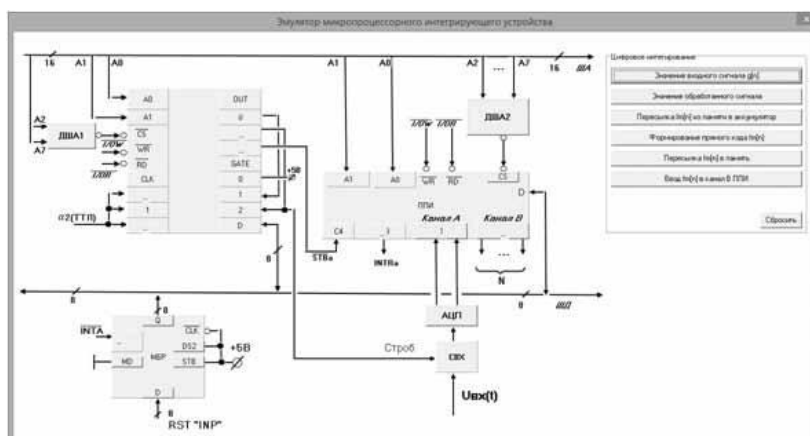


Рисунок 4. Реализация подпрограммы. Пункт: значение входного и обработанного сигнала $g[n]$

Значения входного сигнала $g[n]$ вводятся в микропроцессор в прямом коде с указанием знака в старшем разряде.

Обработку прерывания цифрового интегрирования микропроцессор считывает в аккумуляторе, значение входного сигнала — из канала А интерфейса ППИ (блок 1) (рисунок 4).

В блоках 2 и 3 осуществляется анализ знака числа $g[n]$, и в случае $g[n] < 0$ формируется дополнительный код числа $g[n]$ (рисунок 5).

Далее значение $g[n]$ заносится в регистр В микропроцессора, освобождая аккумулятор для последующих операций (рисунок 6).

В блоке 5 вычисленное на $(n-1)$ -ом шаге значение величины $f_m[n-1]$ из ячейки памяти с адресом 1 переписывается в аккумулятор. Затем в блоках 6 и 7 анализируется знак величины $f_m[n-1]$, и для $f_m[n-1] < 0$ формируется дополнительный код (рисунок 7).

Реализация алгоритма интегрирования осуществляется в блоке 8.

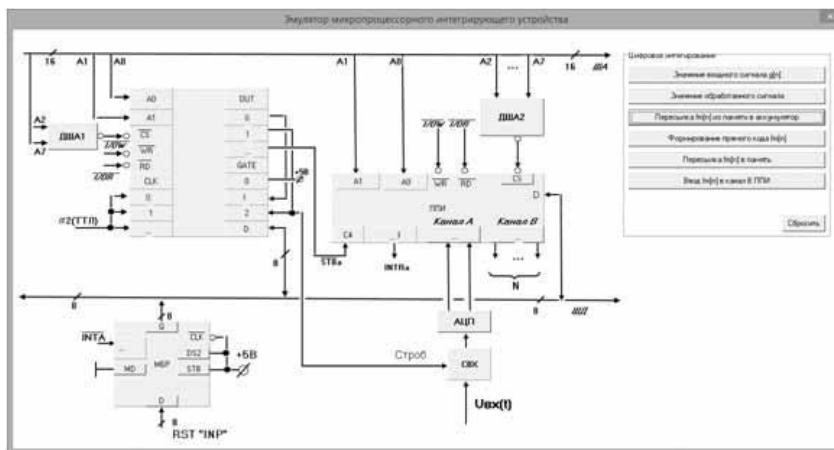


Рисунок 5. Реализация подпрограммы. Пункт: пересылка $f_m[n]$ из памяти в аккумулятор

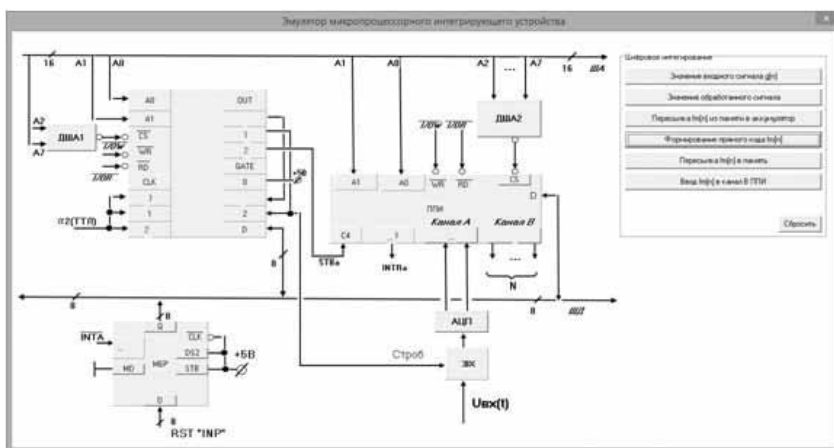


Рисунок 6. Реализация подпрограммы. Пункт: формирование прямого кода $f_m[n]$

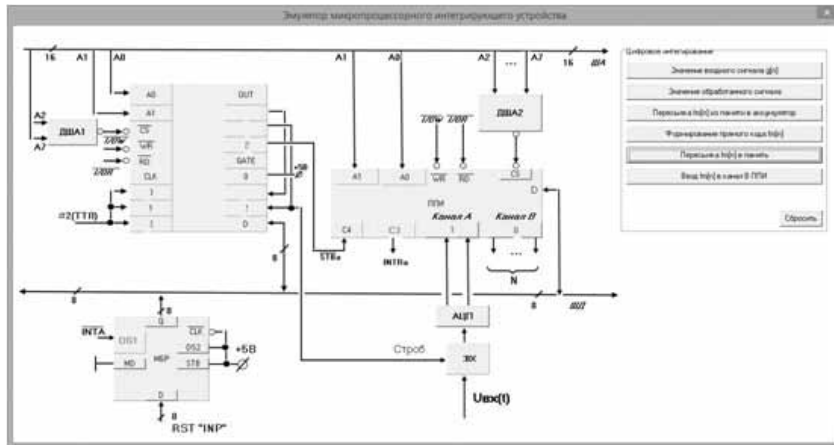


Рисунок 7. Реализация подпрограммы. Пункт: $f_m[n]$ пересылка в память

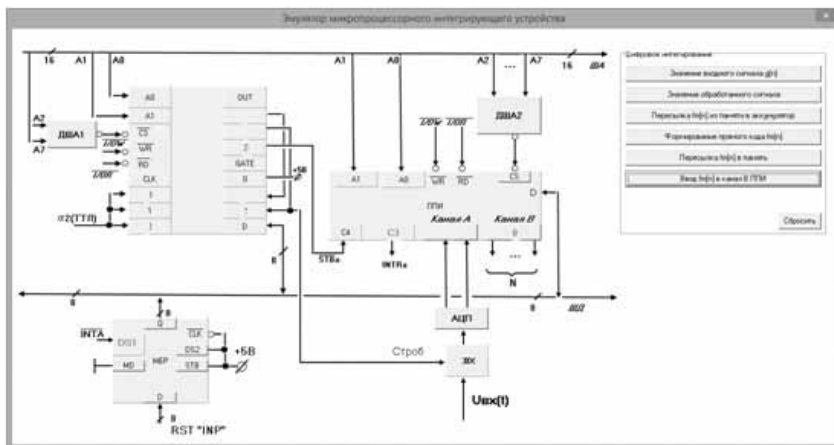


Рисунок 8. Реализация подпрограммы. Пункт: ввод $f_m[n]$ в канал ППИ

В результате получается значение величины $f_m[n] = g[n] + f_m[n-1]$, которое в случае $f_m[n-1] < 0$ преобразуется в прямой код (блоки 9, 10) и запоминается в ячейке памяти с адресом 1 (блок 11). По завершении операции пересылки вычисленное на n -ом шаге значение величины $f_m[n]$ выводится в канал В интерфейса ППИ (блок 12) (рисунок 8).

Список литературы

1. Левина Т.М. Информационно-измерительная система с волоконно-оптическим преобразователем магнитного поля: автореф. ... канд. техн. наук. — Уфа, 2010. — 22 с.
2. Левина Т.М., Лунова Н.Н. Применение искро-, взрывобезопасных преобразователей магнитного поля // Технологии трансферной безопасности. — 2015. — № 2 (60). — С. 86-93.
3. Ураксеев М.А., Левина Т.М., Шамаев Ф.Ф., Кулябин А.С. Разработка волоконно-оптических систем для учета, мониторинга и прогнозирования работы высоковольтного оборудования в СУБД с веб-интерфейсом // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2015. — Т. 11. — № 1. — С. 97-103.
4. Ураксеев М.А., Левина Т.М. Волоконно-оптические датчики электрического тока и магнитного поля как средства повышения уровня безопасности, объектов нефтегазового комплекса // Экологические системы и приборы. — 2008. — № 3. — С. 8-12.
5. Ураксеев М.А., Левина Т.М. Волоконно-оптические датчики магнитного поля и электрического тока // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2007. — № 9. — С. 42-45.
6. Пат. 136190 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 R 15/24. Интеллектуальный преобразователь магнитного поля и электрического тока / Ф.Ф. Шамаев, Т.М. Левина. — 2013134844/28; заявл. 23.07.2013; опубл. 27.12.2013.
7. Окуси Т., Оцу М., Нисихара Х., Хататэ К. Волоконно-оптические датчики: пер. с яп. — Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1991. — 255 с.
8. Пат. 62713 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 R 29/00. Информационно-измерительное устройство контроля магнитного поля и электрического тока / М.А. Ураксеев, К. В. Соловей. — 2006144718/22; заявл. 14.12.2006; опубл. 27.04.2007.
9. Бесекерский В.А., Ефимов Н.Б., Зиятдинов С.И. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления / Под общ. ред. В.А. Бесекерского. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1988. — 365 с.
10. Ураксеев М.А., Левина Т.М. Оптоволоконные трансформаторы как элемент современных электротехнических комплексов и систем // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2013. — № 2. — Т. 9. — С. 23-29.

Выводы

Разработанная конструкция измерительного комплекса с программно разработанным прототипом цифрового интегрирующего устройства позволяет с высокой точностью и надежностью контролировать электрический ток и магнитное поле [10].

Автоматизация процессов при диагностике остаточного ресурса оборудования на нефтегазовых предприятиях позволит получать сиюминутную, актуальную информацию.

References

1. Levina T.M. Informatsionno-izmeritel'naya sistema s volokonno-opticheskim preobrazovatelem magnitnogo polya: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. — Ufa, 2010. — 22 s.
2. Levina T.M., Luneva N.N. Primenenie iskro-, vzryvobezopasnykh preobrazovatelei magnitnogo polya // Tekhnologii transfernoi bezopasnosti. — 2015. — № 2 (60). — S. 86-93.
3. Urakseev M.A., Levina T.M., Shamaev F.F., Kulyabin A.S. Razrabotka volokonno-opticheskikh sistem dlya ucheta, monitoringa i prognozirovaniya raboty vysokovol'tnogo oborudovaniya v SUBD s web-interfeisom // Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy. — 2015. — T. 11. — № 1. — S. 97-103.
4. Urakseev M.A., Levina T.M. Volokonno-opticheskie datchiki elektricheskogo toka i magnitnogo polya kak sredstva povysheniya urovnya bezopasnosti, ob'ektov neftegazovogo kompleksa // Ekologicheskie sistemy i pribory. — 2008. — № 3. — S. 8-12.
5. Urakseev M.A., Levina T.M. Volokonno-opticheskie datchiki magnitnogo polya i elektricheskogo toka // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. — 2007. — № 9. — S. 42-45.
6. Pat. 136190 Rossiiskaya Federatsiya, MPK⁷ G 01 R 15/24. Intellektual'nyi preobrazovatel' magnitnogo polya i elektricheskogo toka / F.F. Shamaev, T.M. Levina. — 2013134844/28; yayavl. 23.07.2013; opubl. 27.12.2013.
7. Okosi T., Otsu M., Nisikhara Kh., Khatate K. Volokonno-opticheskie datchiki: per. s yap. — L.: Energoatomizdat, Lenigr. otd., 1991. — 255 s.
8. Pat. 62713 Rossiiskaya Federatsiya, MPK⁷ G 01 R 29/00. Informatsionno-izmeritel'noe ustroystvo kontrolya magnitnogo polya i elektricheskogo toka / M.A. Urakseev, K. V. Solovei. — 2006144718/22; yayavl. 14.12.2006; opubl. 27.04.2007.
9. Besekerskii V.A., Efimov N.B., Ziatdinov S.I. i dr. Mikroprotsessornye sistemy avtomaticheskogo upravleniya / Pod obshch. red. V.A. Besekerskogo. — L.: Mashinostroenie, Leningr. otd., 1988. — 365 s.
10. Urakseev M.A., Levina T.M. Optovolokonnye transformatory kak element sovremennykh elektrotekhnicheskikh kompleksov i sistem // Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy. — 2013. — № 2. — T. 9. — S. 23-29.