

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-2.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/01TVN217.pdf>

Статья опубликована 16.03.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Феоктистов Н.А., Ветошкин Е.А. Система импульсно-фазового управления и защиты генератора кислородно-водородной смеси // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017)

<http://naukovedenie.ru/PDF/01TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62

Феоктистов Николай Алексеевич

ФГБОУ ВО «Российский Государственный Университет Нефти и Газа (НИУ) им. И.М. Губкина», Россия, Москва

Профессор

Доктор технических наук

E-mail: nikolay.a.feoktistov@gmail.com

Ветошкин Евгений Александрович

ФГБОУ ВО «Российский Государственный Университет Нефти и Газа (НИУ) им. И.М. Губкина», Россия, Москва

Бакалавр

E-mail: TG_95@mail.ru

Система импульсно-фазового управления и защиты генератора кислородно-водородной смеси

Аннотация. Статья посвящена изучению электронной системы импульсно-фазового управления генератора кислородно-водородной смеси, отличающейся безопасностью, в том числе экологической, и надежностью, чем обеспечила себе высокое признание и нашла широкое применение в различных областях техники и производства. Авторы описывают процесс защиты и управления электролизно-водного генератора, осуществляющего основной процесс разложения воды на кислород и водород, импульсно-фазовым методом, что позволяет регулировать ток как автоматически, так и с использованием ручного управления. Подробно рассмотрен процесс действия электронной системы управления и защиты электролизно-водного генератора как важной составной части обеспечения автоматизации технологического оборудования на производстве, в основу действия которой положена работа усилителей, компараторов, диодов и различных элементов полупроводниковой электроники. Ниже приведены основные расчетные соотношения, которые позволяют для известных конструкций электролизеров определить оптимальные показатели - производительность - и провести анализ и выбор элементов силовой электроники, рассчитав максимально допустимый ток и количество пластин, для обеспечения стабильной работы описываемых конструкции. Статья сопровождается схемами системы защиты, управления и контроля генератора. А также приведены основные расчетные соотношения для анализа и выбора элементов силовой электроники.

Ключевые слова: импульсно-фазовый метод управления; электролизно-водный генератор; тиристорные ключи; электролизер; силовой выпрямитель; генератор линейно изменяющегося напряжения; компаратор

Актуальность разработки

В работах Коржа В.Н., Дыхно С.Л., Хромова В.Н. и других авторов изложены способы получения водорода и кислорода для газовой сварки и пайки, а также приведены характеристики разрабатываемых ЭВГ [1, 2, 3]. Несмотря на очевидные привлекательные стороны рассматриваемого способа газопламенной обработки металлов, внедрение его в промышленность идет медленно и ограниченно, что объясняется рядом причин, основная среди них-необходимостью обеспечения безопасности при работе с гремучим взрывоопасным газом и разработки эффективных методов и средств защиты и управления ЭВГ, и обеспечения стабильности и автоматической регулировки параметров пламени [2, 3, 4]. Актуальность применения ЭВГ в связи с дефицитом карбида кальция и высокой стоимости получения ацетилена как основного горючего в технологии газопламенной обработки материалов достаточно высокая [1, 3, 5]. Заменителем ацетилена может быть кислородно-водородное пламя ЭВГ, что позволит исключить необходимость в баллонном хозяйстве, ацетиленовых генераторах и карбиде кальция. Это дает возможность экономить материальные ресурсы и уменьшает загрязненность окружающей среды. Конечным продуктом при сжигании смеси газов является вода. Следует обратить внимание на снижение массогабаритных и стоимостных показателей и существенное улучшение условий труда, что также является преимуществом применения аппаратов на базе ЭВГ.

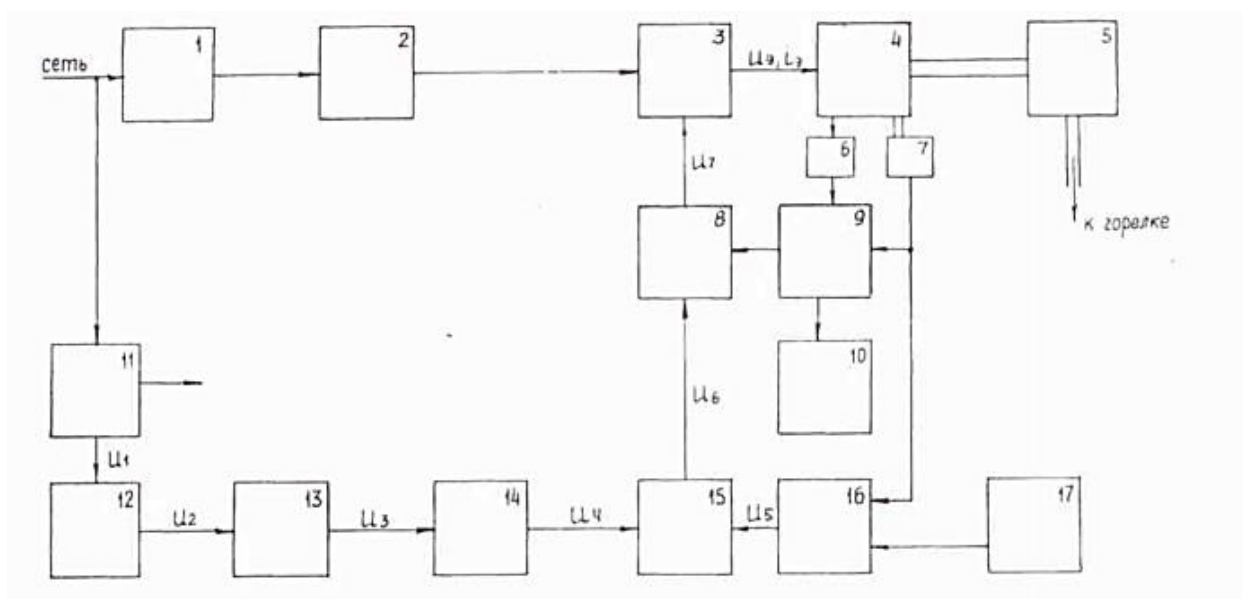
Формальное описание системы

Регулятор давления, предложенный в [4], работает по принципу число-импульсного управления при использовании тиристорных ключей. При наборе давления тиристорные ключи остаются включенными до полного набора уровня давления (1-2 минуты для бытовых электролизно-водных генераторов), что соответствует протеканию больших токов и перегрузке элементов [5].

С целью устранения этого недостатка разработан принцип импульсно-фазового управления и защиты генератора.

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы управления, содержащая автоматический выключатель 1, силовой выпрямитель 2, регулятор 3, электролизер 4 с датчиками температуры 6 и давления 7, клапан обратного удара 5. Для автоматического управления регулятором давления 3, в качестве исполнительного органа которого является тиристор, и защиты электролизно-водного генератора служат устройства формирования сигналов управления 8, формирования сигналов защиты 9 и аварийной индикации 10.

Блок питания 11 предназначен для электропитания узлов электронной схемы. Дополнительным выпрямителем 12 снимается пониженное напряжения. Когда напряжение становится равным нулю, формирователь или "нуль-индикатор" 13 выдаёт прямоугольные импульсы малой длительности, позволяющие запустить генератор линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН) 14. Напряжение с выхода ГЛИН сравнивается в блоке сравнения 15 с опорным напряжением, синтезированным устройством 16 из сигналов датчика 7 и ручного регулятора давления 17. Когда линейно изменяющееся напряжение равно опорному на выходе блока сравнения 15, появляется прямоугольный импульса, длительность, крутизну и амплитуду которого формирует устройство 8. Таким образом с помощью управляющих импульсов в определенный момент открывается тиристор регулирующего органа 3. По окончании периода питающего напряжения тиристор закрывается до прихода очередного управляющего импульса. Следовательно, протекающий через электролизер ток может регулироваться как ручным управлением, так и автоматическим.



1 - автоматический выключатель; 2 - силовой выпрямитель; 3 - регулятор; 4 - электролизер; 5 - клапан обратного удара; 6 - датчики температуры; 7 - датчики давления; 8 - устройство формирования сигналов управления; 9 - устройство формирования сигналов защиты; 10 - устройство аварийной индикации; 11 - блок питания; 12 - дополнительный выпрямитель, 13 - "нуль-индикатор"; 14 - генератор линейно изменяющегося напряжения; 15 - блок сравнения; 16 - устройство, синтезирующее опорное напряжение; 17 - ручной регулятор давления

Рисунок 1. Функциональная схема защиты и управления ЭВГ импульсно-фазовым методом (разработано автором)

Элементной базой для блока сравнения 15 и "нуль-индикатора" 13 могут служить компараторы, основанные на базе операционных усилителей, для устройства формирования - микросхемы логического типа, а для ГЛИН - интеграторы с операционными усилителями. В качестве датчика давления целесообразно использовать датчик аналогового типа МД-Т6, а в качестве датчика температуры л-терморезистор.

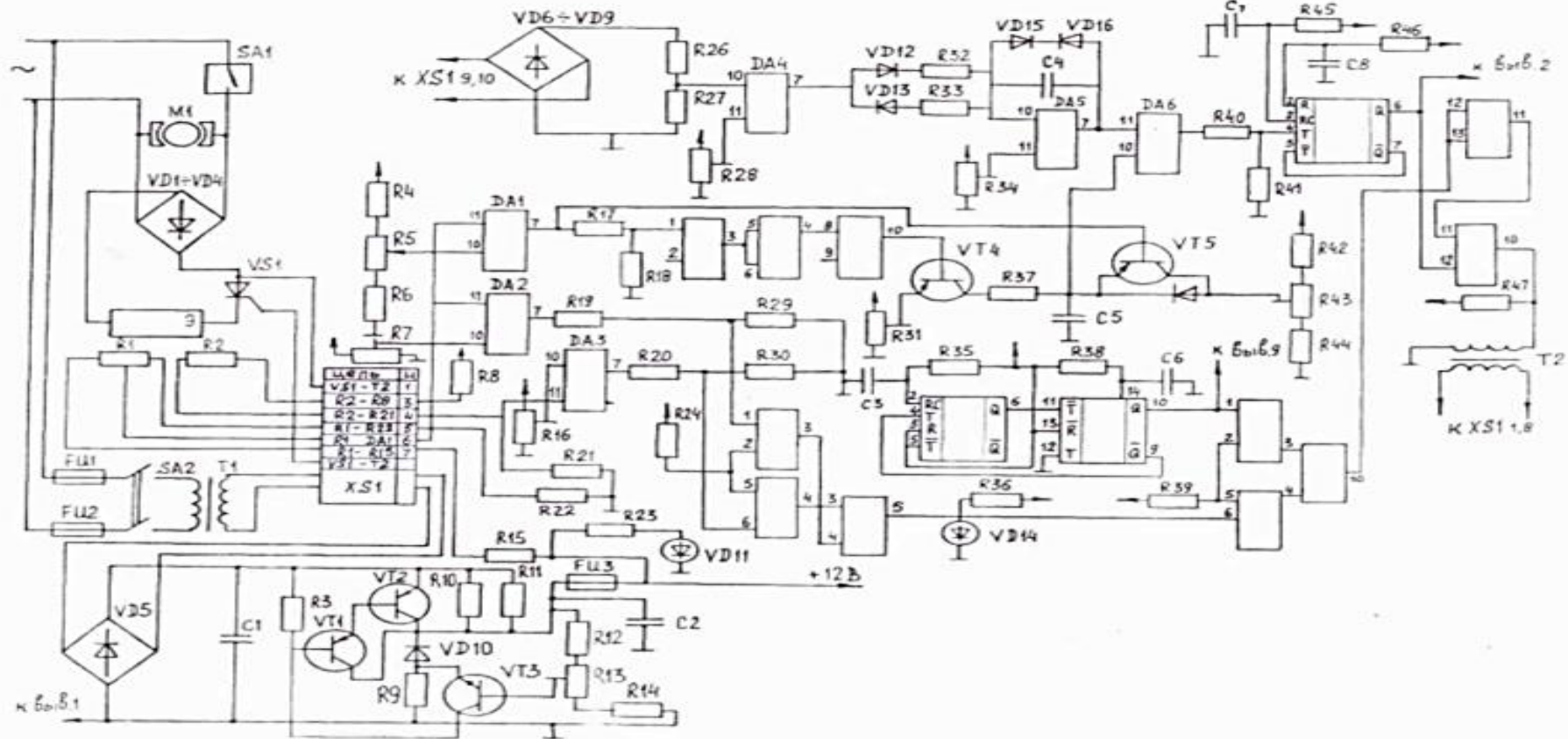


Рисунок 2. Электронная система управления и защиты ЭВГ (разработано автором)

На рисунке 2 представлена принципиальная электрическая схема электронной системы с импульсно-фазовым управлением регулятора давления. При включении тумблера А2 пониженное напряжение сети поступает на блоки питания, в том числе и на дополнительный блок VD6-VD9. Включение индуцируется светодиодом VD11. На выходе дополнительного выпрямителя включен делитель R26, R27, к нижнему плечу которого подключен компаратор на операционном усилителе DA4, управляющий работой ГЛИН на усилителе DA5. Напряжение с R27 передается на инвертирующий выход 10 DA4. Когда это напряжение падает ниже, чем напряжение на входе 11, определяемое положением движка потенциометра R28, напряжение на выходе DA4 резко возрастает, а это значит, что компаратор переходит в состояние положительного насыщения, в ином случае компаратор переходит в состояние отрицательного насыщения. Таким образом, на выходе DA4 формируются импульсы прямоугольной формы малой длительности. Линейно нарастающее напряжение выхода DA5 поступает на вход 11 компаратора DA6. На другой его вход поступает опорное напряжение, зависящее от давления газовой смеси. Когда линейно нарастающее напряжение будет больше, чем опорное, компаратор DA6 переходит в состояние положительного насыщения, тем самым запуская одновибратор DD5.1. Импульсы прямоугольной формы с заданной длительностью заполняются импульсами мультивибратора DD3.1, DD3.2 с помощью логических элементов DD6.1-DD6.4, DD3.2. Через разделительный трансформатор T2 эти импульсы передаются на управляющий электрод тиристора VS1 регулятора давления.

Микросхема DA1 представляет собой компаратор, сравнивающий сигналы датчика и задатчика давления. При увеличении давления увеличивается сопротивление R1, а, следовательно, напряжение на входе 11 схемы DA1. При достижении требуемого давления DA1 переходит в состояние положительного насыщения. Напряжение на выходе DA1 близко к напряжению питания E_n . Напряжение подаётся на логический блок DD1.1-DD1.3 и базу транзистора VT5.

Логический блок DD1 обеспечивает управление транзисторным ключом VT4. За промежуток времени питающего напряжения транзистор VT4 переходит в открытое состояние и заряжает конденсатор C5. Так как напряжение на конденсаторе C5 является опорным для компаратора DA6, следует, что увеличение опорного напряжения приводит к более позднему формированию управляющего импульса, другими словами угол управления тиристором увеличивается.

Система защиты по давлению и температуре состоит из двух компараторов DA2, DA3, переходящих в состояние положительного насыщения при повышении критического уровня давления и температуры, и логического узла на элементах DD2.1, DD2.2, DD3.1, обеспечивающих блокировку управляющих импульсов на управляющий электрод VS1 и индикацию аварийного состояния с помощью светодиода VD14. Цепью C7, VD45 задается длительность возможных управляющих воздействий на тиристор VS1, а цепями C3, R35 и C6, R38 - длительность и период импульсов. Стабилитроны VD15 и VD16 осуществляют привязку уровня ГЛИН к значению $\frac{1}{2}E_n$.

Из диаграммы, представленной на рисунке 3, видно, что ток через электролизер протекает при $U_c > U_0$ и равен

$$i_3 = \frac{u_c - U_3}{R_3}, \quad (1)$$

где: U_0 , R_3 - среднее значение напряжения и эквивалентное активное сопротивление электролизера;

u_c - мгновенное напряжение сети.

Мгновенное значение тока электролизера определяется по формуле

$$i_3 = \frac{(\sqrt{2} * U_c * \sin(\omega t) - (n - 1) * U_3) * S * \gamma}{(n - 1) * h}, \quad (2)$$

где: n - число пластин электролизера;

U_3 - напряжение разложения электролита;

S - площадь реакторной части электрода;

γ - удельная электропроводимость электролита при заданной температуре и расстоянии между электродами;

h - расстояние между электродами.

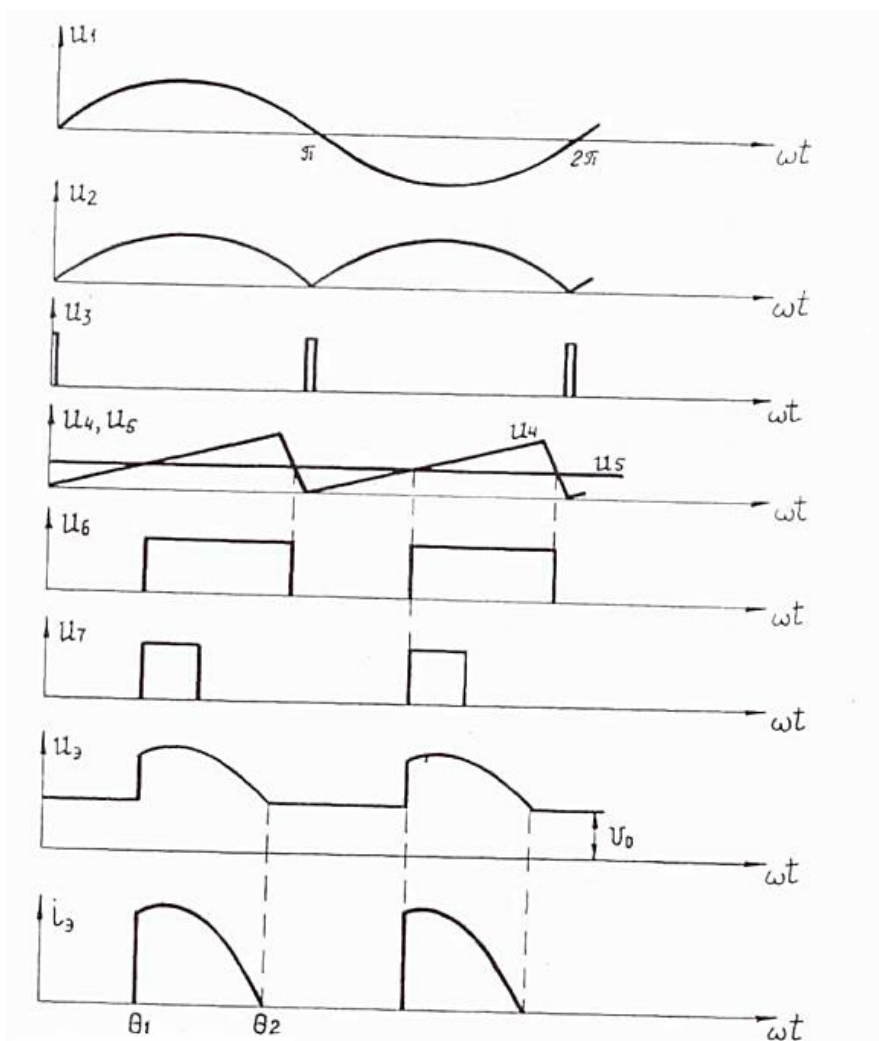


Рисунок 3. Электронная система управления и защиты ЭВГ (разработано автором)

Среднее значение тока электролизера

$$I_3 = \frac{1}{2 * \pi} * \int_{\alpha}^{\alpha+\lambda} i_3 d\omega t, \quad (3)$$

где α -угол регулирования:

$$\alpha = \pi - \arcsin\left(\frac{U_0}{\sqrt{2} * U_c}\right) - \alpha, \quad (4)$$

где λ -длительность работы тиристорного регулятора давления.

$$I_3 = \frac{S * \gamma}{2 * \pi * (n - 1) * h} * (\sqrt{2} * U_c * (\cos(\alpha) - \cos(\alpha - \lambda)) - \lambda * (n - 1) * U_3) \quad (5)$$

Производительность генератора (л/час)

$$V = I_3 * (n - 1) * q, \quad (6)$$

где q - электрохимический эквивалент воды (0,627 л/А/ч).

Последнее соотношение позволяет произвести расчёт производительности для известных конструкций электролизеров, а также по заданной производительности выполнить расчет максимально допустимого тока и количества пластин.

В связи с широкой областью регулировки пламени и его характера, электролизно-водные генераторы нашли применение в различных областях. ЭВГ с системой импульсно-фазового управления (МЮОН 10) используется в научно-исследовательском институте точных приборов.

Разработан и изготовлен аппарат МЮОН-10 с техническими характеристиками:

Напряжение сети, В	220
Частота, Гц	50
Потребляемая мощность, Квт	2,5 ÷ 3
Максимальное рабочее давление в системе, кгс/см ²	2
Максимальный расход газа, л/час	740
Максимальный расход воды, г/час	340
Характеристика пламени:	
Температура, °С	800-3000
Диаметр, мм	1,0 - 5,0
Длина, мм	10 - 50

ЛИТЕРАТУРА

1. Корж В.Н. Обработка металлов в водородно-кислородным пламенем. - Киев: Техника, 1985. - 64 с.
2. Балакин В.Н., Бабак А.К. Сварка и пайка с использованием смеси газов, получаемой при электролизе воды: обзор зарубежной информации // Автоматическая сварка. - 1975. - №8.
3. Хромов В.Н. и др. Электролизеры для получения водородно-кислородного пламени, применяемого при газопламенной обработке металлов (обзор). - Сварочное производство. - 2005. - №5.
4. Феоктистов Н.А., Варламов И.В., Теодорович Н.Н. Режимы работы систем управления и источников электропитания бытовых электролизно-водных генераторов. Монография. - М.: ГОУ МГУ, 2004. - 96 с.
5. Система электропитания и управления электролизно-водными генераторами. Монография. / Варламов И.В., Феоктистов Н.А. - М.: ИТК «Дашков и К^о», 2012. - 202 с.

Nikolay Feoktistov Alekseevich

Gubkin Russian state university of oil and gas, Russia, Moscow
E-mail: nikolay.a.feoktistov@gmail.com

Evgeny Vetoshkin Alexandrovich

Gubkin Russian state university of oil and gas, Russia, Moscow
E-mail: TG_95@mail.ru

System of phase code control and protection of the generator of an oxygen-hydrogen compound

Abstract. Article is devoted to a study of electronic system of phase code control of the generator of the oxygen-hydrogen compound differing in safety including ecological, and reliability, than ensured high recognition and found broad application in different fields of technique and production. Authors describe process of protection and control of the electrolysis and water generator which is realizing the main process of expansion of water on oxygen and hydrogen, a phase code method that allows to regulate current as automatically, and with use of manual control. Explicitly process of action of electronic management system and protection of the electrolysis and water generator as important component of support of automation of a technology equipment on production which basis for action operation of amplifiers, comparators, diodes and different elements of the semiconductor electronics is is considered. The main estimated ratios which allow to define for the known constructions of electrolyzers optimum indices - productivity are given below - and to carry out the analysis and a choice of elements of force electronics, having calculated the most permissible current and quantity of the plates, for support of stable operation described constructions. Article is followed by diagrams of system of protection, control and monitoring of the generator. And also the main estimated ratios for the analysis and a choice of elements of force electronics are given.

Keywords: phase code method of management; the electrolysis and water generator; thyristor keys; the electrolyzer; the power rectifier; the generator linearly the changing tension; the comparator