



**СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА РЭА**

**В.А.Колосов**

**ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ  
СТАЦИОНАРНОЙ  
РАДИО-  
ЭЛЕКТРОННОЙ  
АППАРАТУРЫ**

**Теория  
и практика  
проектирования**

**Выпуск 2**



**Москва  
„Радио и связь“  
1992**

ББК 32.844—02

К61

УДК 621.396.6

Рецензент Ю. К. Захаров

Сектор по выпуску заказных изданий

Выпущено по заказу НИИВЦ «Источник»

**Колосов В. А.**

К61 Электропитание стационарной РЭА. Теория и практика проектирования. — М.: «Радио и связь», 1992. — 160 с.: ил. (Силовая электроника РЭА, Вып. 2).

ISBN 5-256-01117-0.

Рассмотрены вопросы проектирования систем и устройств электропитания стационарной РЭА средней и большой мощности с характерными первичными напряжениями переменного или постоянного тока в сотни вольт, вторичным стабилизированным постоянным напряжением в диапазоне 2...30 В. Особое внимание уделяется проблемам резервирования; улучшению динамических параметров выходного напряжения, объемно-энергетических показателей, технологичности устройств. Приводятся схмотехнические решения по высокочастотным преобразователям напряжения, направленные на повышение надежности и на совершенствование ряда других показателей электропитания стационарной РЭА.

Книга предназначена для инженеров-разработчиков систем и устройств электропитания, а также может быть полезна научным работникам, преподавателям, аспирантам и студентам, специализирующимся в области силовой электроники.

К 2302010000—035 Заказное издание  
046(01)—92

ББК 32.844—02

Производственное издание

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА РЭА. ВЫПУСК 2

Колосов Валерий Алексеевич

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ РЭА.  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Руководитель сектора Е. Н. Панина. Редактор Н. В. Копылова.  
Обложка художника Е. Н. Волкова. Художественный редактор Н. С. Шенин.  
Технический редактор Л. А. Горшкова. Корректор Н. В. Козлова

Н/К

Сдано в набор 11.10.91 **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР**  
Формат 60×90<sup>1/16</sup> **УЧЕБНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР**  
Печать высокая Усл. печ. л. 10,0  
Уч.-изд. л. 11,28 Тираж 10 000 экз.  
Зак. № 98 С-035

Подписано в печать 18.12.91  
Гарнитура литературная  
Усл. кр.-отт. 10,38  
Изд. № 23584

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693  
Типография издательства «Радио и связь». 101000 Москва, ул. Мясницкая, д. 40

ISBN 5-256-01117-0

© Колосов В. А., 1992

8. Рассмотрены алгоритмы расчетов как ВПН в целом, так и его составных частей, решающие задачу минимизации объема при выполнении исходных данных по статическим и динамическим неустойчивостям выходного напряжения, тепловым режимам радиоэлементов, типам радиоэлементов и по ряду других.

9. Оценено влияние различных возмущающих воздействий на объемно-энергетические показатели ВПН, в результате чего отмечается важность выбора максимально возможного значения номинальной длительности импульса управления широтно-импульсного модулятора.

10. Приведены электрические схемы ВПН и отдельных узлов (в основном разработок автора), повышающие показатели надежности, решающие задачи применения отечественных радиоэлементов с несовершенными электрическими характеристиками, улучшающие ряд электрических и технологических параметров ВПН.

11. Представлены требования к формирователям базового тока для биполярных силовых транзисторов в усилителях мощности ВПН, проведена классификация электрических схем таких формирователей.

12. Дан перечень электрических параметров и схемотехнических особенностей полных по функциональным признакам схем управления ВПН, построенных на базе широтно-импульсных модуляторов.

13. Рассмотрен набор силовых полупроводниковых микросборок, включающий в себя входные и выходные диоды ВПН, транзисторы усилителя мощности и фрагменты его схемы.

14. Разработаны высокотехнологичные варианты силовых трансформаторов и дросселей планарной конструкции, в которых исключен процесс намотки токопроводов, выполняемых из штампованных деталей.

15. Описан подход к проектированию многослойного шинного монтажа силовой части ВПН, исключающий жгутовой монтаж и позволяющий подойти к решению задачи автоматизации сборки ВПН, снижающий остроту проблем электромагнитной совместимости (ЭМС).

16. Представлен в качестве перспективного проектируемый комплекс стендовой аппаратуры для проверки устройств и систем вторичного электропитания в автоматическом режиме на соответствие действующим стандартам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Источники** вторичного электропитания: Уч. пособие/С. С. Букреев, В. А. Голловацкий, Г. Н. Гулякович и др.; Под ред. Ю. И. Конева, М.: Радио и связь, 1983.
2. **Источники** электропитания радиоэлектронной аппаратуры: справочник/Г. С. Найфельт, К. Б. Мазель, Г. И. Хусаинов и др.; Под ред. Г. С. Найфельта. М.: Радио и связь, 1985.

3. Моин В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Букреев С. С. Силовые электронные устройства. Введение в автоматизированное проектирование. — М.: Радио и связь, 1982.
5. Мкртчян Ж. А. Основы построения устройств электропитания ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1990.
6. Ромаш Э. М. Транзисторные преобразователи в устройствах питания радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Энергия, 1975.
7. Поликарпов А. Г., Сергиенко Е. Ф. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. — М.: Радио и связь, 1989.
8. Стабилизация параметров электрической энергии в распределительных сетях/Шидловский А. К., Новский В. А., Капличный Н. Н., Отв. ред. Кузнецов В. Г.; АН УССР, Ин-т электродинамики. — Киев: Наукова думка 1989.
9. Драбович Ю. И., Комаров Н. С., Марченко Н. В. Транзисторные источники электропитания с бестрансформаторным входом. — Киев: Наукова думка, 1984.
10. Бас А. Н., Миловзоров В. П., Мусолин А. К. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом. — М.: Радио и связь, 1987.
11. Функциональные устройства систем электропитания наземной РЭА/В. В. Авдеев, В. Г. Костилов, А. М. Новожилов, В. И. Чистяков; Под ред. В. Г. Костилова. — М.: Радио и связь, 1990.
12. Кадель В. И. Силовые электронные системы автономных объектов. Теория и практика автоматизированной динамической оптимизации. — М.: Радио и связь, 1990.
13. Северис Р., Блум Г. Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания/Пер. с англ. под ред. Л. Е. Смольникова. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
14. Колосов В. А. Анализ систем электропитания ЭВМ с импульсным преобразователем напряжения//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1978. — Вып. 6. — С. 143—164.
15. Колосов В. А. Организация питания суперЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1990. — Вып. 10. — С. 56—68.
16. Организация многоячейковых источников вторичного электропитания ЭВМ/Ж. А. Мкртчян, Б. А. Глебов, В. А. Колосов и др.//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1983. — Вып. 8. — С. 37—43.
17. Построение системы вторичного электропитания большой стационарной ЭВМ/В. А. Колосов, Ю. Н. Курбатовский, Ю. В. Рогачев и др.//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1985. — Вып. 12. — С. 104—109.
18. Гаврилин Н. И., Колосов В. А. Вопросы повышения надежности систем вторичного электропитания больших ЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1987. — Вып. 13. — С. 137—143.
19. Колосов В. А., Лохвицкий М. С., Шадрин А. П. Расчет выходной мощности параллельно включаемых ИВЭП в супер-ЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1988. — Вып. 12. — С. 111—114.
20. Колосов В. А. Способ повышения надежности систем вторичного электропитания с импульсными транзисторными преобразователями напряжения//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1983. — С. 14—18.
21. А. С. 1170568 СССР, МКИ Н02 М 7/00. Способ управления группой параллельно включенных импульсных преобразователей постоянного напряжения/В. А. Колосов. — № 3627405/24—07; заявл. 26.07.83; опубл. 30.07.85; Бюл. № 28.
22. А. С. 864465 СССР, МКИ Н02 М 7/48. Способ управления многоячейковой системой электропитания/В. А. Глебов, Т. Н. Жарикова и А. А. Новикова. — № 2641043/24—07; заявл. 10.07.78; опубл. 15.09.81; Бюл. № 34.
23. Голиков В. Ю., Девичкин А. Ф. Работа импульсных стабилизаторов напряжения на общую нагрузку//Труды Московского энергетического института, 1975. — Вып. 275. — С. 83.

24. **А. С. 1310938 СССР, МКИ Н02 Н 3/24.** Устройство для защиты потребителя от снижения напряжения источника питания/В. А. Колосов, Ю. Н. Курбатовский, Л. Д. Степанов и Е. С. Шерихов. — № 3896585/24—07; заявл. 17.05.85; опубл. 15.05.87; Бюл. № 18.
25. **Dmowski A., Heisep W.** Unterbrechungsfreie strom versorgungsgeraete mit honem warkungsgrad//Der Electroniker. — 1986. — N 7. — P. 56, 58—63.
26. Система электропитания ответственных радиоэлектронных комплексов/А. К. Шидловский, В. В. Вильнер, В. А. Колосов и др./Силовые электронные системы и устройства малоомощной преобразовательной техники: Материалы конференции/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1990. — Ч. 2. — С. 29—38.
27. **Киносита К.** Источники гарантированного электропитания переменным током/ВЦП. № М—41997. — М., 09.02.87. — 17 с. — пер. ст. из Дэнси гдзюцу. — 1986. — 28, № 5. — P. 147—152.
28. **Козлов Б. А., Ушаков И. А.** Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. — М.: Сов. радио, 1975.
29. **Колосов В. А.** Статическое сопротивление стабилизированного преобразователя напряжения для питания ЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1980. — Вып. 9. — С. 139—147.
30. **Головацкий В. А.** Транзисторные импульсные усилители и стабилизаторы постоянного напряжения. — М.: Сов. радио, 1974.
31. **Иванов Л. В., Колосов В. А.** Динамическое выходное сопротивление стабилизированного преобразователя напряжения для питания ЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1981. — Вып. 10. — С. 131—139.
32. **Бериков А. Б., Колосов В. А.** Автоматизированный расчет переходных процессов в импульсных стабилизаторах напряжения//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М. 1986. — С. 129—132.
33. **Колосов В. А., Лохвицкий М. С., Степанов Л. Д., Шадрин А. П.** Выбор параметров двухзвенных LC-фильтров в импульсных стабилизаторах//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1989. — Вып. 6. — С. 95—99.
34. **Корн Г., Корн Т.** Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Пер. с англ. — М.: Наука, 1973.
35. **Иванов Л. В., Колосов В. А.** Помехи на проводах питания ЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1974. — Вып. 8. — С. 102—120.
36. **Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания/Г. С. Векслер, В. С. Недочетов, В. В. Пилинский и др.** — Киев: Техника, 1990.
37. **Рекомендации по типовым схемам подавления промышленных радиопомех от электроустройств различного назначения/М-во связи СССР.** — М.: Связь, 1979.
38. **ГОСТ 23511—79.** Радиопомехи промышленные от электротехнических устройств, эксплуатируемых в жилых домах или подключаемых к их электрическим сетям. Нормы и методы измерений. Введ. 01.01.80 до 01.01.94. — 18 с. — Группа ЭО2.
39. **Sheeham Dan.** Determine noise of dc/dc converters, «Electron. Des.» 1973, 21, N 20. — P. 100—102.
40. **Бериков А. Б., Колосов В. А.** Алгоритм оптимизации параметров импульсного преобразователя напряжения по объемному показателю//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1983. — С. 46—49.
41. **Бериков А. Б., Колосов В. А.** Алгоритм расчета на ЭВМ импульсных преобразователей напряжения с минимизацией их объема//Проблемы миниатюризации и унификации ВИП РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1979. — С. 158—162.
42. **Бериков А. Б., Колосов В. А.** Влияние некоторых параметрических факторов на объемные показатели стабилизированных преобразователей напряжения — источников питания ЭВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 1983. — Вып. 6. — С. 128—132.
43. **Дж. Гилл.** Источники питания — типы, параметры, схемы//Электроника. — № 19, 1988. — С. 19—27.

44. Колосов В. А. Выбор схемы транзисторного преобразователя для питания ЦВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ.—1977.—Вып. 6.—С. 155—162.
45. Колосов В. А., Буденный А. П., Шерихов Е. С. Стабилизированный транзисторный преобразователь напряжения—источник питания для ЦВМ//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ.—1974.—Вып. 8.—С. 122—133.
46. Буденный А. П., Колосов В. А. Мощный ключевой стабилизатор//Электронная техника в автоматике: сборник статей.—М., Сов. радио.—1974.—Вып. 6.—С. 64—66.
47. Буденный А. П., Колосов В. А. Транзисторный инвертор повышенной надежности//Электронная техника в автоматике: сборник статей.—М., Сов. радио.—1974.—Вып. 6.—С. 66—71.
48. Однотактный преобразователь напряжения с обратными связями по току/В. А. Колосов, Ю. Г. Левченко, Б. Д. Терехов, Г. Г. Хасыбуллин//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского.—М., 1983.—С. 75—78.
49. Ван Вельтховен, Коппе. Преобразователи с размагничивающей обмоткой в источниках питания/Электроника, 1978.—Т. 51, № 3.
50. А. С. 917186 СССР, МКИ G05F 1/64. Стабилизирующий преобразователь переменного напряжения в постоянное/В. А. Колосов.—№ 3242802/24—07; заявл. 03.02.81; опубл. 30.08.82; Бюл. № 12.
51. А. С. 1192065 СССР, МКИ H02M 3/335. Преобразователь постоянного напряжения в переменное/А. Г. Поликарпов, Е. Ф. Сергиенко, В. М. Титкин.—Опубл. 1985; Бюл. № 42.
52. Сергеев Б. С., Колосов В. А. Оптимизация пуска транзисторных преобразователей//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского.—М., 1989.—С. 142—145.
53. Захаров Ю. К. Сравнительный анализ двухтактного и однотактного стабилизированных преобразователей постоянного напряжения/Электронная техника в автоматике/Под ред. Ю. И. Конева.—М., Сов. радио.—1980.—Вып. 11.—С. 24—30.
54. Д. Бассет. Импульсные источники питания: тенденции развития//Электроника. 1988. № 1, Т. 61.—С. 72—77.
55. F. C. Lee. High—Frequency Quasi—Resonant Converter Technologies. IEEE Transactions, v. 76, N 4, 1988.—P. 377—390.
56. Мелешин В. И. Транзисторные преобразователи напряжения с резонансным контуром//Силовые электронные системы с устройства маломощной преобразовательной техники: материалы конференции/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского.—М., 1990.—Ч. 1.—С. 92—111.
57. Мелешин В. И., Новинский В. Н. Транзисторные преобразователи напряжения с последовательным резонансным контуром//Электротехника, № 8, 1990.—С. 47—53.
58. F. C. Lee, M. F. Mahmoud and Y. Yn. Design handbook for a standard control module for DC—to—DC converters vol. 1, NASA Contract NAS—3—20102. Apr. 1980.
59. К. Харада, Т. Набэсима. Применение магнитных усилителей в высокочастотных импульсных преобразователях постоянного напряжения//ТИИЭР, т. 76, № 4, 1988.—С. 60—66.
60. Глебов Б. А. Двухтактные преобразователи напряжения с магнитными накопителями энергии//Электричество, 1990, № 1.—С. 34—39.
61. Затилян Г. П. Повышение надежности источников питания с бестрансформаторным вводом//Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники: материалы конференции/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского.—М., 1990.—Ч. 1.—С. 83—87.
62. А. С. СССР 717736, МКИ G05F 1/56. Стабилизированный источник постоянного напряжения/И. И. Лебединский, В. Н. Горшков, В. А. Колосов и В. И. Калинин.—№ 2594885/24—07; заявл. 27.03.78; опубл. 25.02.80; Бюл. № 7.

63. А. С. 771642 СССР, МКИ G05F 1/64. Стабилизированный преобразователь постоянного напряжения/Колосов В. А. — № 2684500/24—07; заявл. 16.11.78; опубл. 15.10.80; Бюл. № 38.
64. А. С. 479101 СССР, МКИ G05F 1/64. Стабилизированный преобразователь постоянного напряжения/В. А. Белов. — № 1979148/24—07; заявл. 24.12.73; опубл. 30.07.75; Бюл. № 28.
65. А. С. 551782 СССР, МКИ H02M 7/537. Двухтактный инвертор/В. А. Колосов. — № 2133435/24—07; заявл. 14.05.75; опубл. 25.03.75; Бюл. № 11.
66. Колосов В. А. Исключение постоянного подмагничивания в трансформаторе инвертора при помощи магнитодиода//Проблемы миниатюризации и унификации ВИП РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1979. — С. 68—71.
67. А. С. 688973 СССР, МКИ H02M 7/537. Двухтактный инвертор/В. А. Колосов, В. Н. Горшков, В. И. Калинин и Т. В. Колосова. — № 2620212/24—07; заявл. 29.05.78; опубл. 30.09.79; Бюл. № 36.
68. А. С. 817696 СССР, МКИ G05F 1/64. Стабилизированный преобразователь постоянного напряжения/ В. А. Колосов и Е. С. Шерихов. — № 2813900/24—07; заявл. 05.09.79; опубл. 30.03.81; Бюл. № 12.
69. А. С. 1099361 СССР, МКИ H02M 3/335. Стабилизированный преобразователь напряжения/В. А. Колосов. — № 3565997/24—07; заявл. 21.03.83; опубл. 23.06.84; Бюл. № 23.
70. А. С. 905960 СССР, МКИ H02M 3/335. Стабилизированный преобразователь постоянного напряжения/В. А. Колосов и В. П. Реуков. — № 2993151/24—07; заявл. 17.10.80; опубл. 15.02.82; Бюл. № 6.
71. Дравович Ю. И., Ершова И. И., Комаров Н. С. Формирование траектории переключения высоковольтных транзисторов в высокочастотных нерегулируемых инверторах. Киев, 1990, 44 стр. (Препринт). АН УССР, Ин-т электродинамики, № 655.
72. А. С. 1464882 СССР, МКИ H02M 7/538. Преобразователь постоянного напряжения/В. А. Возный, И. И. Ершова, Н. С. Комаров и Н. Б. Марченко. — Оpubл. 19.05.87.
73. Бузыкин С. Г. Магнитно-транзисторные ключи с эмиттерной коммутацией для ИВЭП//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1989. — С. 101—108.
74. А. С. 1141532 СССР, МКИ H02M 3/335. Стабилизирующий преобразователь переменного напряжения в постоянное/В. А. Колосов. — № 3661791/24—07; заявл. 15.11.83; опубл. 23.02.85; Бюл. № 7.
75. А. С. 1374421 СССР, МКИ H03K 17/60. Транзисторное коммутационное устройство/С. Г. Бузыкин, В. Ю. Голиков, И. С. Горянский. — № 4081730/24—21; заявл. 05.05.86; опубл. 15.05.86; опубл. 15.02.88; Бюл. № 6.
76. Колосов В. А., Сергеев Б. С. Применение СИТ транзисторов в источниках вторичного электропитания//Устройства энергетической электроники с применением мощных полевых транзисторов: тезисы докладов/ИЭД АН УССР. — Киев: 1989. — с. 18—19.
77. Колосов В. А. Защита транзисторов в последовательных преобразовательных ячейках с применением трансформаторов тока//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М.: 1986. — С. 122—125.
78. Колосов В. А., Горшков В. Н. Транзисторный преобразователь для работы от источника с повышенным напряжением//Устройства вторичных источников электропитания: материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1976. — С. 55—59.
79. Горшков В. Н., Колосов В. А., Шерихов Е. С. Транзисторный преобразователь напряжения — источник питания для ЦВМ//Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ. — 1977. — Вып. 6. — С. 164—175.
80. А. С. 1037230 СССР, МКИ G05F 1/64. Стабилизированный преобразователь напряжения/В. А. Колосов, Е. С. Шерихов и Г. Г. Хасьбулин. — № 3489202/24—07; заявл. 14.09.82; опубл. 23.08.83; Бюл. № 31.



81. А. С. 1111240 СССР, МКИ H02M 3/335. Стабилизированный преобразователь напряжения/В. А. Колосов. — № 3565331/24—07; заявл. 21.03.83; опубл. 30.08.84; Бюл. № 32.
82. Колосов В. А. Построение формирователей базового тока для мощных транзисторных инверторов//Проблемы преобразовательной техники: тезисы докладов конференции/АН УССР, Киев, 1983. — Ч. 7. — С. 98—101.
83. А. С. 989703 СССР, МКИ H02M 1/08. Устройство для управления силовым транзисторным ключом/В. А. Колосов, В. П. Реуков, Г. Г. Хасыбулин и Е. С. Шерихов. — № 3330956/24—07; заявл. 20.08.81; опубл. 15.01.83; Бюл. № 2.
84. Покер А., Прент Р. Схема возбуждения базы для мощного переключающего транзистора, патент США № 4638240, МКИ, H02P 13/20 НКИ 323/289; заявка № 805497; заявл. 05.12.85; патент выдан 20.01.87.
85. Гауен К. Схема управления мощными МОП транзисторами//Электроника, № 11, 1990. — С. 55, 56.
86. А. С. 1067573 СССР, МКИ H02M 3/335. Стабилизированный преобразователь постоянного напряжения. В. А. Колосов и Г. Г. Хасыбулин. — № 3421352/24—07; заявл. 14.04.82; опубл. 15.01.84; Бюл. № 2.
87. Колосов В. А., Никишин П. С. Анализ схемы электронного реле//Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ, 1974. — Вып. 11. — С. 138—142.
88. Колосов В. А., Османов И. С. Функциональные схемы управления импульсных ИВЭ, сб. Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники (труды конференции), ч. 1, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, М., 1990, С. 4—6.
89. Weiss R. Focus on power supply ICs., «Electron. Des.», 1985, 33, N 18. — P. 137—140.
90. Гудинаф Ф. Интегральные схемы управления импульсными источниками питания. Электроника, № 23, 1989. — С. 62—74.
91. А. С. 1141537 СССР, МКИ G05F 1/64. Стабилизирующий преобразователь переменного напряжения в постоянное//В. А. Колосов, — 3661790/24—07; заявл. 25.11.83; опубл. 23.02.85; Бюл. № 7.
92. Бельскис А.-А. А. Рекомендации по применению микропроцессорного управления силовыми полупроводниковыми преобразователями. Препринт-337. ИЭД АН УССР, Киев, 1983, 55 с.
93. Мазель Е. Э. Мощные биполярные транзисторы для источников питания радиоэлектронной аппаратуры//Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники: материалы конференции/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1990. — Ч. 1. — С. 6—19.
94. Шидловский А. К., Дравович Ю. И., Криштафович И. А. Мощные полевые транзисторы и их применение в преобразовательной технике. — Киев, 1987. — 54 с. — (Препринт/АН УССР. Ин-т электродинамики; № 540).
95. Беленикин В. В., Дравович Ю. И. Выбор параметров полупроводниковых диодов транзисторных преобразователей напряжения//Техн. электродинамика. — 1984. — С. 25—31.
96. Кондратьев Б. В., Попов Б. В. Ограничители для защиты РЭА от перенапряжения (обзор)//Электроника. — 1983. — № 2.
97. Журавский В. Г., Нелюбин А. Ф. О конструкторско-технологических проблемах разработки ряда мощных микросборок для вторичных источников электропитания//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: Материалы семинара/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1986. — С. 119—122.
98. Шабоян С. А. Силовые транзисторные защищенные ключи//Электротехника, 1986. — № 5. — С. 38—40.
99. Гудинаф Ф. Увеличение семейства полевых транзисторов с автоматической защитой//Электроника. — 1990. № 12—13. — С. 160—162.
100. Frank R., Janikowski R. Trends in power IC development. Powerconverters and intell. motion (USA). April 1986, vol. 12, N 4. — P. 26—29.
101. Сидоров И. Н. Малогабаритные магнитопроводы и сердечники: справочник. — М.: Радио и связь, 1989.

102. Хандогин В. И., Райкова А. В. Анализ характеристик трансформаторов с магнитопроводами из аморфных магнитомягких сплавов//Электросвязь. — 1989. — № 12. — С. 50—54.
103. Бериков А. Б., Колосов В. А., Шагинова Э. З. Оптимизация объемных показателей высокочастотных трансформаторов импульсных преобразователей напряжения//Электронная техника. Сер. Радиодетали и радиокомпоненты, вып. 4(49). — 1982. — С. 34—37.
104. Бериков А. Б., Колосов В. А. Оптимизация параметров транзисторных преобразователей напряжения. Сб. Проблемы преобразовательной техники: тезисы докладов конференции, ч. 7, АН УССР, Ин-т электродинамики, Киев, 1983. — С. 139—141.
105. Бландова Е. С., Шибяев А. В. Состояние разработок трансформаторов и дросселей для импульсных вторичных источников питания за рубежом, «Электронная техника». Сер. Радиодетали и радиокомпоненты, 1984. — Вып. 1. — С. 38—40.
106. New integrated — magnetic power converter circuits for telecommunication Systems, ED Bloom, Arcadia, California, USA, 1984.
107. Задерей Г. П., Занка П. Н. Многофункциональные трансформаторы в средствах вторичного электропитания. — М.: Радио и связь, 1989.
108. Колосов В. А., Бувина И. С. Анализ электрических процессов плоского трансформатора на Ш-образных ферритовых сердечниках для импульсного преобразователя//Электрические устройства систем связи: Сб. научн. трудов учебного ин-та связи, ЛЭИС, Ленинград, 1988. — С. 92—96.
109. А. С. 1494051 СССР, МКИ H01F 27/28. Бескаркасная обмотка/А. Б. Бериков, В. А. Колосов, Ж. Ж. Шотанов. — № 4287971/24—07; заявл. 21.07.87; опубл. 15.07.89; Бюл. № 26.
110. А. С. 1343453 СССР, МКИ H01F 27/28. Электроиндукционное устройство/В. А. Колосов. — № 3812623/24—07; заявл. 14.11.84; опубл. 07.10.87, Бюл. № 37.
111. А. С. 1640747 СССР, МКИ H01F 27/28. Электроиндукционное устройство/В. А. Колосов, А. Б. Бериков, Ж. М. Шотанов. — № 4371685/24—07; заявл. 01.02.88; опубл. 07.04.91; Бюл. № 13.
112. Шотанов Ж. Ж., Колосов В. А., Бериков А. Б. Силовые электромагнитные элементы плоской конструкции: Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники: Сб. материалов конференции, ч. 1, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1990. — С. 60—68.
113. Шотанов Ж. Ж., Бериков А. Б., Колосов В. А., Хачикян В. С. Плоские индуктивные элементы для импульсных преобразователей напряжения и повышение их эффективности//Научная сессия ВМЕИ «Ленин», 89: Сб. рефератов. — София. — 1989. — С. 57.
114. Бериков А. Б., Колосов В. А., Милов Ю. М., Шотанов Ж. Ж. Опыт разработки импульсных трансформаторов плоской конструкции//V МНТК по СВЭП РЭА: тезисы докладов. — Л. — 1987.
115. Ануфриев Ю. А., Гусев В. Н., Смирнов В. Ф. Эксплуатационные характеристики и надежность электрических конденсаторов. — М.: Энергия, 1976.
116. J. Maxwell. Switcher power densities change filter — capacitor needs, EDN, N 23. Vol. 32, 1987. P. 257—259.
117. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования, под ред. Р. Г. Варламова. — М.: Сов. радио, 1980.
118. Колосов В. А. Конструирование высокочастотных конверторов средней мощности, сб. Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники/труды конференции, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — Ч. 2. — М., 1990. — С. 16—21.
119. Колосов В. А., Курбатовский Ю. Н., Степанов Л. Д. Характеристики устройств СВЭП, предлагаемых к применению в 13-й пятилетке//Высокоэффективные ИВЭП и СВЭП РЭА: материалы семинара. — М., МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1989. — С. 14—20.
120. Филатов Л. Б., Колосов В. А., Степанов Л. Д., Курбатовский Ю. Н. Расчет теплоотводов для силовых элементов вторичных источников питания//Электронная техника, сер. Радиодетали и радиокомпоненты, Вып. 1(58), 1985. — С. 39—41.

121. Алексеев В. А., Арефьев В. А. Тепловые трубы для охлаждения и термостатирования радиоэлектронной аппаратуры. — М., Энергия. — 1979.
122. Дзекцер Н. Н., Висленев Ю. С. Многоамперные контактные соединения. — Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987.
123. S. Cogger. Military switching power supplies shrink, increase power density, maintain reliability. EDN, N 19. Vol. 30, 1985. — P. 63—70.
124. А. С. 1619433 СССР, МКИ H05K 7/00, H01R 11/00. Способ защиты контактных элементов электрических разъемов типовых элементов замены и монтажной панели стойки радиоэлектронной аппаратуры/Е. А. Брик, В. А. Колосов, А. В. Пастухов. — № 4306219/24—21; заявл. 14.09.87; опубл. 07.01.91; Бюл. № 1.
125. Волин М. Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Сов. радио, 1972.
126. Кинеев Ю. П., Рыбак А. Л., Морозов А. А. Организационные вопросы серийного производства импульсных ИВЭП//Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники: материалы конференции, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. Ч. 2. М., 1990. — С. 139—142.
127. Захаров Ю. К., Кадель В. И., Колосов В. А. Пути повышения разработки и производства ИВЭП для РЭА//Высокоэффективные источники и системы вторичного электропитания РЭА: материалы семинара, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1989. С. 4—9.
128. Морозов А. А., Рыбак А. Л., Кинеев Ю. П. Серийное производство импульсных ИВЭП в странах Юго-Восточной Азии//Силовые электронные системы и устройства маломощной преобразовательной техники: материалы конференции/МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. — М., 1990. — Ч. 2. — С. 133—138.
129. Military — power — supply failures give rise to unofficial MIL — Standart, EDN, N 2. Vol. 29. — P. 49—58.
130. ОСТ 4.Г0.012.021. Аппаратура радиоэлектронная. Проектирование и комплектование ЗИП. — Введ. 01.08.1979. — 70 с. — Группа Э02.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие рецензента	3
Перечень принятых сокращений и буквенных обозначений	5
Введение	8
<b>Глава 1. Современные системы электропитания стационарной РЭА</b>	<b>11</b>
1.1. Разновидности систем вторичного электропитания на базе ВПН с бестрансформаторным входом	11
1.2. Способы построения СВЭП, направленные на повышение надежности	16
1.3. Системы вторичного электропитания стационарной РЭА	23
1.4. Выводы	26
<b>Глава 2. Надежность систем и устройств электропитания стационарной РЭА</b>	<b>27</b>
2.1. Основные понятия теории надежности	27
2.2. Параллельное включение ВПН — перспективный путь повышения надежности СВЭП	29
2.3. Влияние параметров устройств контроля на показатели надежности СВЭП	32
2.4. Выводы	34
<b>Глава 3. Характеристики качества выходной электроэнергии систем электропитания</b>	<b>34</b>
3.1. Статические нестабильности выходного напряжения ВПН	35
3.2. Динамические нестабильности выходного напряжения ВПН	38
3.3. Высоочастотные помехи в СВЭП	59
3.4. Выводы	62

<b>Глава 4. Объемно-энергетические показатели ВПН . . . . .</b>	<b>62</b>
4.1. Постановка задачи улучшения объемно-энергетических показателей . . . . .	63
4.2. Алгоритмы расчетов ВПН . . . . .	66
4.3. Влияние возмущающих воздействий на объемно-энергетические показатели ВПН . . . . .	71
4.4. Выводы . . . . .	75
<b>Глава 5. Электрические схемы ВПН . . . . .</b>	<b>75</b>
5.1. Разновидности электрических схем ВПН . . . . .	76
5.2. Силовая часть ВПН . . . . .	82
5.3. Управление ВПН . . . . .	99
5.4. Выводы . . . . .	106
<b>Глава 6. Элементная база ВПН . . . . .</b>	<b>107</b>
6.1. Силовые полупроводниковые приборы . . . . .	107
6.2. Электромагнитные устройства . . . . .	114
6.3. Конденсаторы и высокочастотные фильтры . . . . .	126
6.4. Выводы . . . . .	132
<b>Глава 7. Конструирование, производство и эксплуатация средств электропитания . . . . .</b>	<b>132</b>
7.1. Вопросы конструирования ВПН . . . . .	133
7.2. Особенности производства ВПН . . . . .	143
7.3. Организация эксплуатации средств электропитания . . . . .	148
7.4. Выводы . . . . .	149
Заключение . . . . .	150
Список литературы . . . . .	151

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ МЕЖОТРАСЛЕВОЕ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ**

**· В И К А Д ·**

*эффективный союз науки и производства*

**Основные направления деятельности:**

- системы и устройства силовой электроники;
- радиоприемные и передающие системы и устройства;
- гироскопические и другие элементы систем автоматического управления;
- оптика и голография;
- издание монографий и сборников статей ведущих специалистов;
- и другие виды деятельности по согласованию с партнерами.

**Объединение предлагает:**

- принципиальные решения и документацию;
- установочные, опытные образцы и промышленные партии;
- оригинальные адаптированные программы САПР для разработчиков и конструкторов;
- консультации и информацию по всем вопросам проектирования и производства;
- обучение специалистов новейшим методам машинного моделирования и конструирования.

**Взаимовыгодное сотрудничество:**

Сегодня в НПО участвуют: Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов, Московский энергетический институт, Центр «Источник», НИИЦТУ «Система», НИИВЦ «Карат». Сохраняя полную хозяйственную неза-