

Практичні завдання, щодо синтезу та розрахунку схеми вихідного каскаду електронного пристрою

1. Вихідні дані та завдання

З метою засвоєння матеріалу шостого розділу посібника та придбання практичних навичок з розробки схем електричних принципів електронних пристроїв пропонується самостійно виконати такі завдання:

1. Синтезувати схему електричну принципову ключового підсилювача струму згідно з даними, що наведені в табл. Д.1.

Таблиця Д.1

Вихідні дані для синтезування схеми

Варіант	Тип VT1	Включення	Тип VT2	Включення	Тип VT3	Варіант	Тип VT1	Включення	Тип VT2	Включення	Тип VT3
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
01	<i>n-p-n</i>	+	<i>n-p-n</i>	-	<i>n-p-n</i>	06	<i>n-p-n</i>	+	<i>p-n-p</i>	-	<i>p-n-p</i>
02	<i>n-p-n</i>	+	<i>n-p-n</i>	+	<i>n-p-n</i>	07	<i>p-n-p</i>	-	<i>p-n-p</i>	+	<i>n-p-n</i>
03	<i>n-p-n</i>	-	<i>n-p-n</i>	+	<i>n-p-n</i>	08	<i>n-p-n</i>	-	<i>n-p-n</i>	+	<i>p-n-p</i>
04	<i>n-p-n</i>	+	<i>p-n-p</i>	+	<i>n-p-n</i>	09	<i>p-n-p</i>	-	<i>p-n-p</i>	+	<i>p-n-p</i>
05	<i>p-n-p</i>	+	<i>n-p-n</i>	-	<i>n-p-n</i>	10	<i>p-n-p</i>	+	<i>n-p-n</i>	+	<i>p-n-p</i>

В таблиці прийняті позначення: «*n-p-n*», «*p-n-p*» – транзистори прямої або зворотної провідності; «+», «-» – синфазне підключення або протифазне підключення транзисторів.

2. Розрахувати інваріантні параметри транзисторів в режимі насичення через задані параметри великого сигналу (табл. Д.2).

3. Для синтезованої схеми розрахувати опори резисторів, що забезпечують роботу транзисторів у ключових станах, якщо задано: напруга живлення пристрою $U = 14$ В; опір навантаження пристрою $R_H = 5$ Ом.

4. Визначити параметри вхідного сигналу підсилювача.

5. Визначити ключову здатність станів транзисторів.
6. Визначити коефіцієнт передачі струму каскаду.
7. Визначити коефіцієнт корисної дії підсилюючого пристрою.
8. Підібрати номінальні параметри резисторів схеми за шкалами номінальних опорів (рядів номіналів E24) і потужностей.

Таблиця Д.2

Вихідні дані для розрахунку схеми

Параметри великого сигналу транзисторів	Значення параметрів					
	<i>n-p-n</i> структура			<i>p-n-p</i> структура		
	<i>VT1</i>	<i>VT2</i>	<i>VT3</i>	<i>VT1</i>	<i>VT2</i>	<i>VT3</i>
Вихідний струм $I_{КН}$, А	0,08	1,0	3,6	0,1	1,2	5,0
Вихідна напруга $U_{КН}$, В	2,6	1,8	1,6	2,4	2,2	1,8
Вхідний струм $I_{БН}$, А	0,003	0,04	0,3	0,004	0,06	0,5
Вхідна напруга $U_{БЕН}$, В	2,4	2,6	2,5	2,8	2,2	2,6
Потенційний бар'єр емітерного переходу $U_{Б0}$, В	0,74	0,64	0,52	0,54	0,72	0,68
Зворотний струм колектора $I_{К0}$, мкА	2	20	80	1	10	100

9. Визначити струм, що споживає пристрій у ключових станах.
10. Зробити висновки щодо застосування пристрою.

2. Приклад виконання завдання

1. Синтезуємо схему електричну принципову ключового про-тифазного підсилювача струму на транзисторах *p-n-p* структури. При синтезуванні електричної принципової схеми пристрою, підключення транзисторів виконуємо за схемою зі спільним емітером (рис. Д.1, а).

2. Розраховуємо інваріантні параметри транзисторів в режимі насичення через задані параметри великого сигналу. Параметри великого сигналу транзисторів *VT1* (*VT2*) становлять:

$$I_{КН}=1(5) \text{ А}, \quad U_{КЕН}=1(2,3) \text{ В}, \quad I_{БН}=0,1(0,5) \text{ А},$$

$$U_{БЕН}=2,6(2,5) \text{ В}, \quad U_{Б0}=0,6(0,5) \text{ В}, \quad I_{К0}=10(20) \text{ мкА}.$$

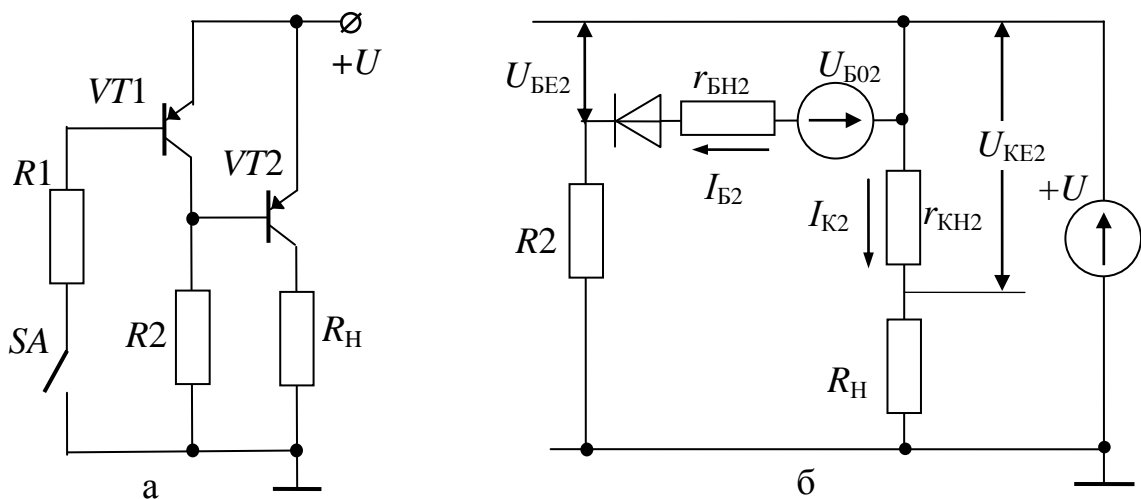


Рис. Д.1. Ключовий протифазний підсилювач струму:
 а – схема електрична принципова;
 б – розрахункова схема вихідного каскаду

Інваріантні параметри транзисторів в стані насичення:

$$r_{\text{БН1}} = \frac{U_{\text{БЕН1}} - U_{\text{Б01}}}{I_{\text{БН1}}} = \frac{2,6 - 0,6}{0,1} = 20 \text{ Ом}, \quad r_{\text{КН1}} = \frac{U_{\text{КЕН1}}}{I_{\text{КН1}}} = \frac{1}{1} = 1 \text{ Ом},$$

$$r_{\text{БН2}} = \frac{U_{\text{БЕН2}} - U_{\text{Б02}}}{I_{\text{БН2}}} = \frac{2,5 - 0,5}{0,5} = 4 \text{ Ом}, \quad r_{\text{КН2}} = \frac{U_{\text{КЕН2}}}{I_{\text{КН2}}} = \frac{2,3}{5} = 0,46 \text{ Ом},$$

$$\beta_1 = \frac{I_{\text{КН1}}}{I_{\text{БН1}}} = \frac{1}{0,1} = 10, \quad \beta_2 = \frac{I_{\text{КН2}}}{I_{\text{БН2}}} = \frac{5}{0,5} = 10.$$

3. Для синтезованої схеми розраховуємо опори резисторів, що забезпечують роботу транзисторів у ключових станах. Напруга живлення пристрою складає $U = 14 \text{ В}$, опір навантаження підсилювача $R_{\text{н}} = 5 \text{ Ом}$.

Припускаємо, що транзистор $VT1$ повністю зачинений (SA – розімкнено), $VT2$ – повністю відчинений. Згідно розрахунковій схемі (див. рис. Д.1, б) визначаємо струм навантаження, який дорівнює струму колектора вихідного транзистора.

$$I_{\text{н}} = I_{\text{К2}} = \frac{U}{R_{\text{н}} + r_{\text{КН2}}} = \frac{14}{5 + 0,46} = 2,56 \text{ А}.$$

Напруга, що розподіляється між навантаженням та відчиненим транзистором, складе

$$U_H = I_{K2} \cdot R_H = 2,56 \cdot 5 = 12,8 \text{ В},$$

$$U_{KE2} = I_{K2} \cdot r_{KH2} = 2,56 \cdot 0,46 = 1,2 \text{ В}.$$

Струм бази вихідного транзистора, необхідний для його насичення під навантаженням R_H

$$I_{B2} = \frac{I_{K2}}{\beta_2} = \frac{2,56}{10} = 0,256 \text{ А}.$$

Напруга на вході транзистора $VT2$, яка забезпечить необхідний струм бази

$$U_{BE2} = U_{B02} + I_{B2} \cdot r_{BH2} = 0,5 + 0,256 \cdot 4 = 1,524 \text{ В}.$$

Опір обмежуючого резистора $R1$ для заданого режиму транзистора визначаємо на підставі другого закону Кірхгофа та закону Ома

$$R_2 = \frac{U - U_{BE2}}{I_{B2}} = \frac{14 - 1,524}{0,256} = 48,73 \text{ Ом}.$$

Тепер вважаємо, що транзистор $VT1$ відчинений (SA – замкнений), а $VT2$ – повністю зачинений (режим відсічки). Тоді можна визначити струм колектора транзистора $VT1$

$$I_{K1} = \frac{U}{R_2 + r_{KH1}} = \frac{14}{48,73 + 1} = 0,28 \text{ А}.$$

Струм бази, напруга на вході $VT1$ та опір резистора $R1$ визначаємо аналогічно

$$I_{B1} = \frac{I_{K1}}{\beta_1} = \frac{0,28}{10} = 0,028 \text{ А},$$

$$U_{BE1} = U_{B01} + I_{B1} \cdot r_{BH1} = 0,6 + 0,028 \cdot 20 = 1,16 \text{ В},$$

$$R_1 = \frac{U - U_{BE1}}{I_{B1}} = \frac{14 - 1,16}{0,028} = 458 \text{ Ом}.$$

4. Струм комутації через контакти SA дорівнює струму бази вхідного транзистора $I_{B1} = 0,028 \text{ A}$. Напряга на вході схеми відносно маси

$$U_{B1} = U - U_{BE1} = 14 - 1,16 = 12,84 \text{ В.}$$

5. Перевіряємо ключову здатність пристрою за умовою переключення для протифазного каскаду

$$U_{KE1} = I_{K1} \cdot r_{KH1} < U_{B02},$$

$$U_{KE1} = 0,28 \cdot 1 < U_{B02} = 0,5 \text{ В.}$$

Умова переключення виконується.

6. Загальний коефіцієнт передачі струму визначаємо через струм комутації на вході пристрою та струм в навантаженні

$$K_I = \frac{I_H}{I_{B1}} = \frac{2,56}{0,028} = 91,4.$$

7. Щоб визначити коефіцієнт корисної дії підсилюючого пристрою, розраховуємо корисну потужність в навантаженні та потужність, що розсіюється в елементах схеми пристрою коли навантаження підключено (вимикач SA розімкнений)

$$P_H = I_H^2 \cdot R_H = 2,56^2 \cdot 5 = 32,77 \text{ Вт},$$

$$P_{R2} = I_{B2}^2 \cdot R_2 = (0,256)^2 \cdot 48,73 = 3,2 \text{ Вт},$$

$$P_{VT2} = I_{B2}^2 \cdot r_{BH2} + I_{K2}^2 \cdot r_{KH2} = (0,256)^2 \cdot 4 + (2,56)^2 \cdot 0,46 = 3,262 \text{ Вт}.$$

Коефіцієнт корисної дії для побудованої схеми складе

$$\eta = \frac{P_H}{P_H + P_{R2} + P_{VT2}} \cdot 100\% = \frac{32,77}{32,77 + 3,2 + 3,262} \cdot 100 = 83,5\%.$$

8. Щоб підібрати номінальні параметри резисторів схеми визначаємо максимальну потужність, що розсіюється резисторами

$$P_{R1} = I_{B1}^2 \cdot R_1 = (0,028)^2 \cdot 462 = 0,362 \text{ Вт},$$

$$P_{R2} = I_{K1}^2 \cdot R_2 = 0,28^2 \cdot 48,73 = 3,82 \text{ Вт}.$$

Обираємо номінальну потужність резистора R_1 як найближчу більшу за шкалою $P_{R_1} = 0,5$ Вт (див. рис. 6.1.1). Номінальне значення опору резистора обираємо кратним меншим за шкалою ряду E24, $R_1 = 430$ Ом.

Щоб забезпечити потужність P_{R_2} більшу за розрахункову застосовуємо послідовне включення двох резисторів по два вати кожен (загальна допустима потужність 4 Вт) з номінальними опороми $R_{2.1} = 24$ Ом, $R_{2.2} = 24$ Ом (еквівалентний опір $R_2 = 48$ Ом).

9. Для визначення струму, що споживається пристроєм, позначаємо режими схеми у двох станах (рис. Д.2).

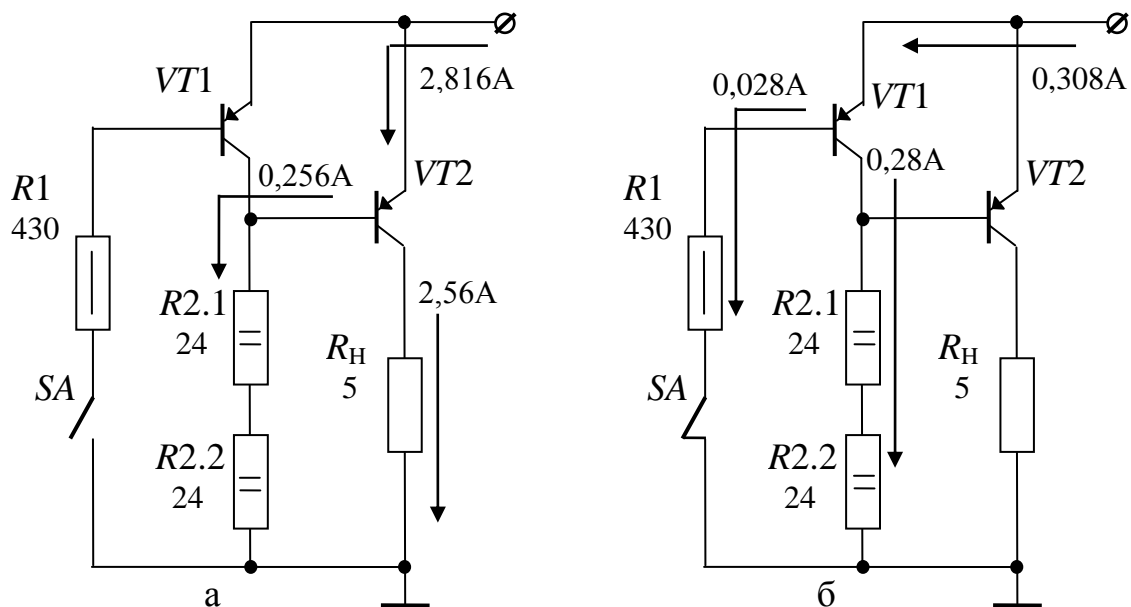


Рис. Д.2. Режими схеми:

а – при розімкненому датчику; б – при замкненому датчику

Струм, що споживається пристроєм при розімкненому I_1 та замкненому I_2 стані датчика, складе

$$I_1 = I_{E2} = I_{K2} + I_{B2} = 2,56 + 0,256 = 2,816 \text{ А,}$$

$$I_2 = I_{E1} = I_{K1} + I_{B1} = 0,28 + 0,028 = 0,308 \text{ А.}$$

10. Результати розрахунку показують, що обрані транзистори забезпечують ключову здатність каскаду без забезпечення ступеню насичення вихідного транзистора. У якості керуючого пристрою може бути обраний контактний датчик з струмом комутації не менше за 0,03А, або активний датчик з вихідною напругою не менше 12,84 В та внутрішнім опором не більше 430 Ом.

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АКБ – акумуляторна батарея;
АТЗ – автотранспортні засоби;
АЦП – аналогово цифровий перетворювач;
ВАХ – вольт-амперна характеристика;
ВЗ – вимикач запалювання;
ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;
ДД – датчик детонації;
ДКП – датчик кутового положення колінчастого валу;
ДН – датчик навантаження двигуна;
ДПС – двигун постійного струму;
ДР – драйвер;
ДРС – додаткове реле стартера;
ДТ – датчик температури;
ДЧО – датчик частоти обертання;
ДХ – датчик Холлу;
ДЯЗ – датчик якості згорання палива;
ЕБК – електронний блок керування;
ЕРС – електрорушійна сила;
КЗ – котушка запалювання;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
МВХ – муфта вільного ходу;
МРС – магніторушійна сила;
МП – мікропроцесорний пристрій;
МПС – машина постійного струму;
ОЗГ – обмотка збудження генератора;
ОЗС – обмотка збудження стартера;
ОЯС – обмотка якоря стартера;
ОЯГ – обмотка якоря генератора;
ПН – перетворювач напруги;
ППЗП – постійно програмований запам'ятовуючий пристрій;
ПР – переривник;
РБС – реле блокування стартера.
РН – регулятор напруги;
РЧН – регулятор часу накопичення;
СБ, СЕ, СК – схеми включення транзистора відповідно з спільною базою, емітером, колектором;
СЕР – система електростартерного пуску;
СЕРД – стартерний електродвигун;
СК – силові контакти;
СШХ – струмо-швидкісна характеристика;
СУ – схема узгодження;
ТБМП – термобіметалева пластина;
ТМШ – термомагнітний шунт;
ТО – технічне обслуговування;
ТР – тягове реле.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акимов А.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2001. – 384 с.
2. Балагуров В.А. Аппараты зажигания. – М.: Машиностроение, 1968. – 479 с.
3. Бороденко Ю.М. Серіков С.А., Дзюбенко О.А. Проектування та розрахунок систем електростартерного пуску ДВЗ: Навчально-методичний посібник. Харків: ХНАДУ, 2008. – 152 с.
4. Бороденко Ю.М. Серіков С.А., Дзюбенко О.А. Проектування та розрахунок систем електропостачання АТЗ: Навчально-методичний посібник. Харків: ХНАДУ, 2009. – 140 с.
5. Ваксман А.А. и др. Терминология системы разработки и постановки продукции на производство: Справочник. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 56 с.
6. Глезер Г.Н., Опарин И.М. Автомобильные электронные системы зажигания. М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.
7. Гируцкий О.И., Есеновский-Ляшков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. М.: Транспорт, 2000. – 213 с.
8. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с.
9. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 496 с.
10. Квайт С.М., Менделевич Я.А., Чижков Ю.П. Пусковые качества и системы пуска автотракторных двигателей. – М.: Машиностроение, 1990. – 255 с.
11. Мельников А.А. Управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Системы электроники и автоматики: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.А.Мельников. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 376 с.
12. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Учеб. Пособие для студ. Высш. учеб. Заведений / А.А.Мельников. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 280 с.
13. Опадчий Ю.Ф. и др. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс) Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин,

А.И.Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 1999. – 768 с.

14. Прянишников В.А. Электроника: курс лекций. – 2-е изд. исп. и доп. – СПб.: КОРОЕА принт, 2000. – 416 с., ил.

15. Синельников А.Х. Электронные приборы для автомобилей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 240 с.

16. Соболев В.Ю., Бабаев М.М., Давиденко М.Г. Теорія електричних і магнітних кіл. – Харків: ХФВ «Транспорт України», 2002. – 264 с.

17. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей: Учебное пособие. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.

18. Теория, конструкция и расчет автотракторного оборудования: Учебник для машиностроительных техникумов по специальности «Электрооборудование автомобилей и тракторов» / М.Н. Фесенко, Л.В. Копылова, В.И. Коротков и др.; Под общ. ред. М.Н. Фесенко. – М.: Машиностроение, 1992. – 384 с.

19. Чунихин А.А. Электрические аппараты. Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.

20. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: Учебник для студентов вузов.–2-е изд., перераб. и доп.–М.:Транспорт,2000.–320с.

21. Яцун М.А. Електричні машини: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2001. – 428 с.

22. Электрооборудование автомобилей / Под ред. Ю.П. Чижкова. – М.: Транспорт, 1993. – 223 с.

23. ГОСТ 28827-90 Системы зажигания автомобильных ДВС. Методы испытаний.

24. ГОСТ 17822-91 Индустриальные радиопомехи от устройств с двигателями внутреннего сгорания. Нормы и методы испытаний.

25. ГОСТ 28751-90 Электрооборудование автомобилей. Электромагнитная совместимость. Кондуктивные помехи по цепям питания. Требования и методы испытаний.

26. СТ СЭВ 3264-81 Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия.

Предметний покажчик

автомати випередження запалювання 232

активні провідники обмотки 50, 272

активне зачинення транзистора 208, 218

активне обмеження струму 229
амортизатор 374

баланс

енергії борта 136

енергії добовий 137

енергії годинний 137

зарядний АКБ 136

потужностей 24

важіль приводу 253

взаємна індуктивність 37

віброізоляція 375

генератор

безконтактний 118

вентильний 118, 290, 321

з дзьобоподібним ротором 117, 290

індукторний 118, 321

однойменно-полюсний 119, 330

різнойменно-полюсний 118

генераторна установка 125

гібридна силова установка 119

границя насичення 61, 210, 223

датчик

генераторного типу 219, 233

детонації 238

індукційний 219

моменту запалювання 233, 240

навантаження 238

положення колінвалу 238

температури 233, 238

Холлу 222, 225, 403

частоти обертання 233, 238

якості згоряння 238

дискретне регулювання 143

дільник напруги 125, 388

діаграма Блонделя 316, 333

діод 55, 244, 372, 400

діностартер 75, 122

довжина полюсної дуги 275, 296

драйвер 239

дросель 161, 398

дросельна заслінка 232

друкована плата 16, 373

еквіпотенційна поверхня 325

еквіпотенційні лінії 325

електрична машина 47, 118

електричний градус 328

електронний блок керування 238

енергетична установка 119

ємність

високовольтних проводів 196, 343

вторинної обмотки 196, 343

вторинного кола системи 194, 343

іскрового розподільника 196, 343

p-n переходу 61, 63

свічки запалювання 196, 343

закон

Кірхгофа 23, 128, 227, 304, 396

Ома 22, 305, 396

повного струму 40, 303, 330

зазор

паразитний 261

робочий 279, 303, 306

початковий 253

зворотний зв'язок

від'ємний 162, 223, 399

гнучкий 161, 225

додатній 160, 376, 396
зворотний струм колектора 217, 367
зубцева зона 279, 323, 336
зубцеве ділення 307, 321
зубцевий крок 278, 320, 328
зубці якоря, ротора, статора 303, 323, 325

інваріантні параметри 62, 367

інерційність

електрична 123, 144
магнітна 78, 123, 144
механічна 123

іскровий

проміжок 196, 243, 342
розподільник 202, 243

іскрового розряду

енергія 174, 198
ємнісна фаза 196
індуктивна фаза 197
структура 239
тривалість 174, 198

картина поля 325

каскад

ключового підсилювача 393, 425

протифазний 125, 365
синфазний 125, 365

категорія рухомого складу 131

ключ

ненасичений 223
тиристорний 212
транзисторний 243, 362

ключова здатність 367

коефіцієнт

втрат 199, 347
випрямлення 147, 296
дуги 202, 344, 346
заповнення 263, 278, 307, 353
запасу 342, 350
запирання 350
комутації 147

корисної дії 22, 54, 90, 369, 401, 413

магнітного насичення 283, 296

магнітної провідності 320, 325

магнітного зв'язку 37, 347

магнітного розсіювання 279

нагрівання 348

нерівномірності прогріву 418

нерівномірності обертання 83

навантаження споживача 136

обертаності 132

обмотковий 147, 296, 326

опромінення 417

передачі струму 59, 389

перекриття робочого зазору 281

полюсного перекриття 272, 296

повернення 152, 157, 253, 265

провідності зубцевої зони 320

поверхні 267

розсіювання 41, 156, 260

режиму навантаження 140

стохастичний 329

струму 333, 349

схеми випрямляча 140

температурний 22, 57

тепловіддачі 266

теплообміну 417

трансформації 45, 192, 218, 345

фільтрування 163

форми поля 146, 296

часу роботи споживача 136

колекторний вузол 275, 290

коливальний контур 228, 341

коло

вимірювальне 127, 162, 389, 399

вторинне 198, 215

диференціююче 212, 380

електричне 22, 144

інтегруюче 380

магнітне 40, 259, 302, 355

первинне 191, 350

час-задаюче 233

комутатор струму 215, 403

конденсатор 127, 210, 381, 397

кондуктивні перешкоди 115, 161
конструктивний показник 255
контролер 238

катушка запалювання

автономна 184, 243
двохвивідна 182, 244
одновивідна циліндрична 181
чотирьох вивідна 245

крива намагнічування 40, 261, 279

кратність

регулювання струму 149
частоти обертання 119, 141, 149

кут

випередження запалювання
237

замкнутого стану контактів
193, 344

охвату катушки 324

магнітна індукція 39, 49, 261, 279

магнітна провідність 42, 304, 334

магнітна система 279, 304, 329, 351

магнітний потік

збудження 50, 274, 322
розсіювання 41, 260, 294
у робочому зазорі 40, 305

математична модель 16, 146, 296

метод

контурних струмів 23
Лемана-Рихтера 325
міжвузлової напруги 25
Р. Поля 327
Суперпозиції 24
Унтера 326

механізм приводу стартера 74, 252

мікроконтролер 239

модуль запалювання 183

момент запалювання 234

момент опору ДВЗ 82

муфта вільного ходу 74

навантаження

генератора 142, 297, 315, 333
двигуна 238

електромагнітне 273, 297

лінійне якоря 272, 296

системи запалювання 174

напруга

вторинна 174, 195, 342

згинаюча 374

мінімальна АКБ 76

нерезидентна 114

насичення транзистору 61, 367

опорного рівня 80, 235

початку розряду АКБ 85

повернення РН 150, 330

пробою іскрового проміжку
342

пробою стабілітрона 164, 224,
392

резидентна 21, 114

спрацьовування РН 150, 390

напівпровідникові прилади 55

напруженість магнітного поля 39

нормування часу накопичення
енергії 234

оберти

початкові генератора 133

холостого ходу генератора
121, 155,

холостого ходу ДВЗ 114, 132

холостого ходу електродвигуна
90

обмотка

вторинна 193, 353

збудження 50, 86, 117, 284, 312

первинна 191, 352

тягова 77

утримуюча 77

у вигляді петлі 47, 275

хвильова 47, 275

якоря 47, 77, 275, 319

операційний підсилювач 229

опір

вихідний 212, 383

внутрішній 22, 88, 128, 383

втрат в КЗ 199, 343

- ввхідний 60, 390
- диференціальний 26, 396
- еквівалентний 24, 148, 199, 343
- магнітний 336
- питомий 22, 262, 277, 286, 316
- тепловий 65, 416
- шунтуючої дії нагару 199, 343

- пази якоря 278
- параметр термостабільності 164, 402
- параметр форми 274
- параметри транзистора**
 - великого сигналу 61, 366
 - динамічні 63, 364
 - допустимих режимів 63, 363
 - малого сигналу 60, 363
 - постійного струму 61, 363
- пасивні фільтри 162, 398
- переривник струму 200, 344
- період циклу переривника 194
- питома магнітна провідність 265, 317
- питома провідність розсіювання 294
- полосне ділення 296
- полос ротора, статора 279
- постійна часу кола 151, 223, 233, 340, 371, 413
- потенційний бар'єр 56, 217, 368
- потужність**
 - пускова ДВЗ 83
 - теплових втрат 194, 341, 370
- прискорювальна ланка 223
- пробій**
 - вторинний 66
 - електричний 64
 - лавинний 64
 - первинний 64
 - тепловий 65
- пружина**
 - буферна 253
 - що демпфірує 253
 - що повертає 253

- пульсації випрямлення 162
- пульсації регулювання 162

- радіатор 417
- радіохвильові перешкоди 123
- реакція якоря 53, 284, 302, 317, 334
- регулювання**
 - безперервне 142
 - дискретне 143
 - частотно- імпульсне 143
 - широотно-імпульсне 143
- регулятор напруги**
 - безконтактний 123, 388
 - контактно-вібраційний 122
 - контактно-транзисторний 122
 - часу накопичення 234
- режим**
 - максимального струму 296
 - максимального ККД 91
 - номінальний 91, 153
 - повного гальмування 91
 - розрахунковий 148, 296
 - холостого ходу 90, 153, 295
 - циклування 84
- режимний параметр 372
- резистор**
 - вимірювальний 229, 236, 240
 - додатковий 77, 127, 148, 390
 - обмежуючий 144, 384, 404
 - прискорюючий 158
 - сезонний 163
- реле**
 - блокування стартера 79, 376
 - додаткове стартера 76, 376
 - зворотного струму 79, 117
 - обмеження струму 117
 - тягове 74, 251
- рівень**
 - регульованої напруги 115, 388
 - пульсації напруги 31, 388
- розподіл вторинної напруги по циліндрах ДВЗ**
 - динамічний 243
 - низьковольтний 243
 - статичний 243

- ряд номіналів 364
- самообмеження струму 129
- свіча запалювання**
 - багато електродна 187
 - екранована 186
 - ерозійна 171
 - іскрова 186
 - напівпровідникова 171
 - форкамерна 187
- сердечник 252, 279
- сила**
 - відпускання 265
 - намагнічуюча 261, 332
 - протидіюча 157
 - рушання 265
 - тягова 43
- силова лінія 39, 282, 325, 329
- силова трубка 320, 325
- синхронний генератор 53
- система запалювання**
 - батарейна 169
 - багато іскрова 239, 242
 - екранована 179
 - електродугова 170
 - з накопиченням в ємнісному елементі 177, 231
 - з холостою іскрою 244
 - іскро-дугова 171
 - іскро-конденсаторна 171
 - магнетна 170
 - мікропроцесорна 238
 - накальної дії 170
 - п'єзокерамічна 170
 - поверхневого розряду 171
 - тиристорна 177, 230
- система пуску ДВЗ**
 - гідропневматична 72
 - двохступенева 71
 - електростартерна 72
 - з допоміжним ДВЗ 71
 - інерційна 72
 - пневматична 71
- стабілітрон 56, 162, 381, 395
- стала**
 - конструктивна 299, 305, 414
 - магнітна 50, 257, 320
 - часу нагріву 267
- стартер**
 - електричний 72
 - пневматичний 71
 - пружинний 71
- струм**
 - короткого замикання 85
 - насичення транзистора 62, 368
 - розриву 174, 192, 341, 347, 372
 - стабілізації 57, 379
- ступінь**
 - комутації 293
 - насичення транзистора 62, 368
 - розрядженості АКБ 86, 130
 - чорноти 418
- схема**
 - вимірювального моста 125, 389
 - дозволу 240
 - електрична принципова 363
 - зі спільним емітером 58, 364
 - зі спільним колектором 58, 216
 - зі спільною базою 58
 - «зірка» 30, 120, 293
 - інтегратора 235
 - компаратора 125, 235, 362
 - лічильника 239
 - мостового випрямляча 293
 - одно вібратора 232, 362
 - перетворювача частоти 380
 - перетворювача напруги 240
 - підкачки енергії 240
 - підсилюючого каскаду 123, 365
 - складеного транзистора 125, 389
 - структурна 362
 - «трикутник» 30, 120, 293
 - Узгодження 239
 - функціональна 362
 - формувача 382
- температурна стабільність 159, 216, 402

теплові втрати 413
тепловий конус 187
теплообмін
випромінюванням 417
конвекційний 417
кондуктивний 418
термокомпенсація 159, 402
тиристор 66, 230
транзистор
біполярний 58, 363
Дарлігтона 389
комбінований (IGBT) 363
польовий 58, 363
трансформатор запалювання 183
умова
зачиненого стану транзистора 368
мінімізації маси 94
переключення транзистора 367
формувавч
моменту відсічки 240
моменту накопичення 240
тривалості пакету 240
формула
Еберса-Молла 56
Ейлера – Фур'є 33
Максвелла 43, 157, 257, 264
Ньютона –Рихмана 266, 417
функція
багато параметрична 237
передаточна 363
розподілу ймовірності 131
транспортного циклу 131
характеристика
ампер-вольтна 195
вольт-амперна 55, 84
електромеханічна 51
зарядно-розрядна 84, 141
механічна 50
намагнічування машини 146, 283
перехідна 267
протидіюча 253
робоча 90, 154, 188, 342
струмо-швидкісна 129, 133, 147, 295, 313, 333
тягова 255, 265
холостого ходу 147, 315, 329
частотно-швидкісна 154
швидкісна 129, 383
характеристична карта 238
цикл
зарядно-розрядний 130, 138
їздовий 131
транспортний 131
час
зростання напруги 174
накопичення енергії 235
розсмоктування зарядів 63,368
часова циклограма 131
частота
мінімальна пускова ДВЗ 82
перемикання 157
спрацьовування 382
число
зубців 307
калійне 185
пар полюсів 49, 87, 273, 315
пазів 276
пазів на полюс і фазу 293, 323
передаточне 84, 138
повторюваних зон 331
шпаруватість 143, 155, 225, 370
чїп-тюнинг 175, 242
щільність
ймовірності 131
потокy 272
струму 87, 277, 287, 314, 353
щїтки колектора 72, 88, 275
ярмо якоря 303

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРЕДМЕТУ	
1.1. Основні положення та методи проектування	
1.1.1. Визначення, методи й завдання проектування.....	
1.1.2. Обмеження при проектуванні та вимоги до пристроїв, що проектуються.....	
1.1.3. Алгоритм й етапи процесу проектування	
1.1.4. Термінологія в технічних документах	
1.1.5. Використання комп'ютерних технологій при проектуванні електричних пристроїв	
1.1.6. Види та зміст навчальних проектів	
1.2. Теоретичні основи розрахунку електричних пристроїв та систем	
1.2.1. Методи розрахунку електричних кіл.....	
1.2.2. Методи розрахунку електромагнітних пристроїв.....	
1.2.3. Характеристики електричних машин	
1.2.4. Моделі та параметри напівпровідникових приладів	
Розділ 2. АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКУ ДВЗ.....	
2.1. Аналіз технічних рішень систем пуску	
2.1.1. Класифікація систем пуску.....	
2.1.2. Особливості будови електростартерів	
2.1.3. Аналіз технічних рішень систем керування стартером.....	
2.2. Аналіз характеристик та критерії вибору елементів системи пуску.....	
2.2.1. Аналіз пускових характеристик ДВЗ	
2.2.2. Характеристики АКБ у режимі пуску.....	
2.2.3. Критерії вибору та аналіз робочих характеристик стартерного електродвигуна	
2.2.4. Характеристики стартерного електродвигуна при нерівномірному обертанні.....	
2.3. Підбір елементів системи пуску та оптимізація її параметрів.....	
2.3.1. Умова мінімізації маси елементів системи пуску.....	
2.3.2. Підбір елементів системи пуску за номінальною потужністю	
2.3.3. Підбір елементів системи пуску за опором стартера.....	
2.3.4. Оптимізація передаточного числа приводу стартера	

2.3.5. Визначення відносного опору й номінальної ємності АКБ для системи пуску мінімальної маси	
2.3.6. Оптимізація параметрів стартерного проводу	
Розділ 3. АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АТЗ	
3.1. Аналіз технічних рішень бортових систем електропостачання	
3.1.1. Загальні відомості.....	
3.1.2. Структурний аналіз та критерії вибору автотракторних генераторів	
3.1.3. Порівняльний аналіз регуляторів напруги	
3.1.4. Аналіз схемних рішень генераторних установок.....	
3.2. Аналіз режимів системи електропостачання та оптимізація параметрів її елементів	
3.2.1. Розподіл потужності по колах живлення споживачів	
3.2.2. Статистичний аналіз транспортного циклу.....	
3.2.3. Критерії вибору джерел бортового живлення.....	
3.2.4. Методика розрахунку балансу енергії борта та зарядного балансу АКБ.....	
3.3. Методи регулювання напруги бортової мережі.....	
3.3.1. Порівняльний аналіз методів регулювання.....	
3.3.2. Аналіз математичної моделі генераторної установки та визначення структурних параметрів.....	
3.3.3. Визначення середнього значення струму збудження при дискретному регулюванні	
3.3.4. Побудування робочих характеристик генераторної установки	
3.3.5. Способи підвищення комутуючої здатності та термостабільності регуляторів напруги	
Розділ 4. АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ.....	
4.1. Аналіз технічних рішень систем запалювання.....	
4.1.1. Класифікація електричних систем запалювання за принципом дії.....	
4.1.2. Вимоги до систем запалювання та формулювання технічного завдання на розробку.....	
4.1.3. Структурний наліз автомобільних систем запалювання	
4.1.4. Склад систем та критерії вибору елементів	
4.1.5. Порівняльний аналіз робочих характеристик систем запалювання	
4.2. Моделювання фізичних процесів в колах системи запалювання.....	
4.2.1. Аналіз процесів робочого циклу ідеалізованої системи з накопиченням енергії в котушці запалювання	
4.2.2. Урахування електромагнітних втрат в контурах системи з реальними параметрами	

4.2.3.	Аналіз процесів у колах транзисторної системи.....
4.2.4.	Особливості робочого циклу в системах запалювання з ємнісним накопичувачем енергії.....
4.3.	Синтез транзисторних систем запалювання
4.3.1.	Критерії вибору типу виконавчого транзистора
4.3.2.	Оцінка параметрів керуючого сигналу датчиків безконтактних систем.....
4.3.3.	Способи підвищення швидкодії комутуючого пристрою.....
4.3.4.	Заходи, щодо захисту виконавчого транзистора.....
4.4.	Способи поліпшення робочих характеристик електронних систем запалювання.....
4.4.1.	Застосування тиристорної комутації струму
4.4.2.	Електронне керування моментом запалювання
4.4.3.	Нормування часу накопичення енергії.....
4.4.4.	Оптимізація параметрів на мікропроцесорному рівні
4.4.5.	Застосування статичного розподілу вторинної напруги

Розділ 5. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРООБЛАДНЕННЯ

5.1.	Розрахунок тягових реле стартера
5.1.1.	Етапи проектування та структура розрахунку
5.1.2.	Аналіз вихідних даних та вибір типу магнітної системи.....
5.1.3.	Визначення головних розмірів електромагнітного приводу ..
5.1.4.	Розрахунок магнітного кола
5.1.5.	Розрахунок обмотки реле
5.1.6.	Побудування тягової характеристики та оцінка працездатності тягового реле
5.2.	Розрахунок стартерних електродвигунів
5.2.1.	Етапи розробки та структура розрахунку
5.2.2.	Визначення головних розмірів.....
5.2.3.	Синтез конструкції якоря.....
5.2.4.	Розрахунок магнітної системи
5.2.5.	Синтез обмотки збудження
5.3.	Розрахунок вентильних генераторів з дзьобоподібним ротором
5.3.1.	Етапи проектування та структура розрахунку
5.3.2.	Особливості побудови та розрахунку
5.3.3.	Попередній розрахунок та синтез конструкції генератора
5.3.4.	Розрахунок магнітного кола генератора та побудування характеристики холостого ходу.....
5.3.5.	Розрахунок обмотки збудження.....
5.3.6.	Методика побудування струмо-швидкісної характеристики.....
5.4.	Розрахунок вентильних генераторів індукторного типу.....
5.4.1.	Особливості розрахунку генераторів

з пульсуючим полем	
5.4.2. Аналіз електромагнітних процесів в індукторних генераторах.....	
5.4.3. Методи визначення магнітної провідності робочого зазору ..	
5.4.4. Розрахунок магнітної системи та побудування характеристики холостого ходу	
5.4.5. Розрахунок струмо-швидкісної характеристики.....	
5.5. Розрахунок котушок запалювання.....	
5.5.1. Передумови до розрахунку котушки запалювання та аналіз вихідних даних.....	
5.5.2. Оптимізація параметрів котушки запалювання	
5.5.3. Розрахунок магнітної системи та обмоткових даних.	

Розділ 6. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРООБЛАДНЕННЯ.....

6.1. Загальні принципи розробки електронних пристроїв	
6.1.1. Синтез схеми та вибір елементів	
6.1.2. Визначення параметрів транзистора у ключових станах	
6.1.3. Розрахунок енергетичних показників	
6.1.4. Розробка конструкції пристрою	
6.2. Розрахунок електронного реле блокування стартера	
6.2.1. Розрахунок схеми вихідного каскаду.....	
6.2.2. Розрахунок вимірювальної частини схеми.....	
6.2.3. Розрахунок схеми формувача сигналу	
6.2.4. Синтез схеми та моделювання роботи пристрою	
6.3. Розрахунок транзисторного регулятора напруги	
6.3.1. Синтез схеми електричної принципової	
6.3.2. Розрахунок параметрів та вибір елементів схеми.....	
6.3.3. Оптимізація параметрів схеми за допомогою машинного моделювання.....	
6.3.4. Енергетичний розрахунок та оцінка температурної стабільності	
6.4. Розрахунок транзисторного комутатора струму системи запалювання	
6.4.1. Визначення параметрів елементів схеми в статичному режимі	
6.4.2. Оптимізація параметрів схеми в динамічному режимі за допомогою машинного моделювання	
6.4.3. Оцінка теплового режиму виконавчого транзистора та розрахунок радіатора	
Додаток. Практичні завдання, щодо синтезу та розрахунку схеми вихідного каскаду електронного пристрою	

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ.....

ЛІТЕРАТУРА.....

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....

Навчальне видання

БОРОДЕНКО Юрій Миколайович
СЕРІКОВ Сергій Анатолійович

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АТЗ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск *О.В. Бажинів*

Редактор *О.О. Тесленко*

Технічний редактор *М.Л. Піц*

Комп'ютерна верстка *Н.А. Купіної*

Дизайн обкладинки *Д.В. Карпенко*

План 2010 р., поз. 10 (н.п.)

Підписано до друку _____ р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman Cyr . Віддруковано на ризографі.

Ум. друк. арк. _____. Обл.-вид. арк. _____.

Зам. № _____. Тираж _____ прим. Ціна договірною.

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61200, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.

Тел. /факс: (057)700-38-64; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції, серія ДК №897 від 17.04 2002