

ВІСНИК

ВІННИЦЬКОГО
ПОЛІТЕХНІЧНОГО
ІНСТИТУТУ

2 2001

Журнал «Вісник ВПІ» є науковим виданням, публікації в якому визнаються при захисті дисертаційних робіт з технічних, економічних та педагогічних наук (постанови президії ВАК України від 9. 06. 1999 р. № 1-05/7, від 8. 09. 1999 р. № 01-05/9 та від 10. 07. 1999 р. № 3-05/11).

Журнал публікує статті, які містять нові теоретичні та практичні результати в галузях технічних, природничих та гуманітарних наук. Публікуються також огляди сучасного стану розробки важливих наукових проблем, огляди наукових та методичних конференцій, які відбулися у ВДТУ, статті з педагогіки вищої освіти.

Розділи журналу:

- автоматика та інформаційно-вимірювальна техніка;
- будівництво;
- гуманізація і гуманітаризація технічної освіти;
- застосування результатів досліджень;
- економіка, менеджмент та екологія;
- енергетика та електротехніка;
- Інформаційні технології та комп'ютерна техніка;
- машинобудування;
- радіоелектроніка та радіоелектронне апаратобудування;
- стратегія, зміст та нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою;
- філософія науки і техніки;
- фундаментальні науки;
- рецензії;
- ювілеї і ювіляри.

Головний редактор Б. І. Мокін

Редакційна колегія

О. Д. Азаров, О. Г. Бунтар, Ю. А. Буренніков, Т. Б. Буяльська, В. В. Грабко (заст. головного редактора), І. М. Даниленко, О. В. Дерібо, М. Ф. Друкований, П. М. Зузяк, І. А. Зязюн, Р. Д. Іскович-Лотоцький, Ю. О. Карпов, В. Л. Карпенко, Р. Н. Квстний, О. І. Кедровський, В. І. Клочко, М. Д. Коваль (заст. відповідального секретаря редколегії), В. П. Кожем'яко, В. О. Козловський, Г. А. Корчинський, І. В. Кузьмін (заст. головного редактора), О. В. Кухленко, П. Д. Лежнюк, В. О. Леонтєв, В. М. Лисогор, В. С. Мельник, В. М. Михалевич, П. А. Молчанов, О. В. Мороз, Н. Г. Ничкало, В. А. Огородніков, В. С. Осадчук, М. І. Петренко, А. М. Петух, В. І. Пила, В. С. Ратніков, О. П. Ротштейн, О. Я. Савченко, В. Д. Свердлов, В. Р. Сердюк, М. І. Сметанський, С. Й. Ткаченко, М. І. Томчук, М. А. Філінюк, О. І. Хома, М. М. Шкодін, С. В. Юхимчук

Відповідальний секретар редколегії *О. В. Дерібо*

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА РАДІОЕЛЕКТРОННЕ АПАРАТОБУДУВАННЯ

УДК 621.317.35

А. В. Рудик, к. т. н., І. В. Барановський

ПРЕЦИЗІЙНІ ФАЗОБЕРТАЧІ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ

На сучасному етапі технічного розвитку актуальною задачею є отримання каліброваного фазового зсуву в оптичному діапазоні. Традиційні методи задання кута фазового зсуву (КФЗ) у вказаному діапазоні, основані на використанні оптичних клинів, фазових пластинок та аналогічних пристроїв [1], достатньо складні в експлуатації та не забезпечують потрібної точності. Тому розроблення прецизійних фазобертачів оптичного діапазону, які використовують ефект акустооптичної взаємодії, може вирішити зазначені проблеми.

Як показано в роботах [2, 3], використання лазерної інтерферометрії, методів модуляції оптичного випромінення на основі акустооптичної взаємодії та використання двочастотних лазерів дозволяє суттєво підвищити точність вимірювання та задання КФЗ в радіооптичному діапазоні.

Зупинимось на фізичних основах дифракції світла на ультразвуці. Звук, який поширюється в речовині, призводить до зміни її щільності, що у свою чергу спричиняє зміну коефіцієнта заломлення з періодом, який дорівнює довжині акустичної хвилі. Світловий промінь дифрагує на цій просторовій періодичній структурі та відхиляється від попереднього напрямку.

Дифракція, в якій спостерігається лише один дифрагований промінь, називається дифракцією Брегга. На практиці такий режим виникає у випадку, коли звукове поле має достатньо велику глибину і світловий промінь на своєму шляху перетинає один або більше періодів зміни коефіцієнта заломлення.

Враховуючи, що частота ультразвуку $F = \frac{\Omega}{2\pi} \approx 10^8$ Гц набагато менша частоти світлової хвилі $f = \frac{\omega}{2\pi} \approx 10^{15}$ Гц, кут θ між фронтом звукової хвилі та напрямком поширення світла визначається співвідношенням

$$\sin \theta = \frac{K}{2k} = \frac{\lambda}{2\Lambda}, \quad \theta = \frac{\lambda f}{2V}, \quad (1)$$

де $K = \frac{\Omega}{V}$ — хвильовий вектор звукової хвилі; V — швидкість ультразвуку; λ та Λ — відповідно довжини хвиль світлового променя та ультразвуку; $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ — хвильовий вектор світлового променя; c — швидкість світла у вакуумі (повітрі).

Критерієм, що визначає режим дифракції, є величина

$$Q = \frac{K^2 L_0}{k} = 2\pi \frac{\lambda L_0}{\Lambda^2}, \quad (2)$$

де L_0 — глибина звукового поля в напрямку поширення світла. Якщо $Q \geq 4\pi$, тобто $\Lambda \leq \sqrt{2\lambda L_0}$, то вважають, що дифракція відбувається в режимі Брегга.

У випадку слабкої взаємодії напруженість поля вихідного світлового променя $E_1(t)$ можна виразити через напруженість світлового променя $E_0(t)$, що падає, таким чином [4]

$$E_1(t) \approx E_0(t) - \frac{1}{4} j k C L_0 E_0 \left\{ t - \frac{\Delta X}{V} \right\} e^{j\{(\omega+\Omega)t - K\Delta X\}} - \frac{1}{4} j k C L_0 E_0^* \left\{ t - \frac{\Delta X}{V} \right\} e^{j\{(\omega-\Omega)t + K\Delta X\}}, \quad (3)$$

де C — константа; ΔX — лінійне переміщення.

Якщо акустооптична система обробки сигналу працює на основі дифракції Брегга, то світловий промінь повинен спрямовуватися на неї під відповідним кутом Брегга. В цьому випадку вихідний промінь описується співвідношенням (3) з тією лише різницею, що або другий, або третій член відсутній. В останньому співвідношенні зірочка означає комплексно — спряжену величину.

На рис. 1 показано схему взаємодії світлового променя, спрямованого на звукопровід, в якому поширюється акустична хвиля.

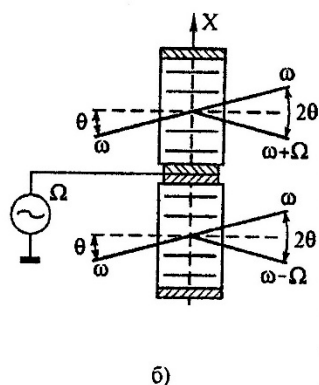
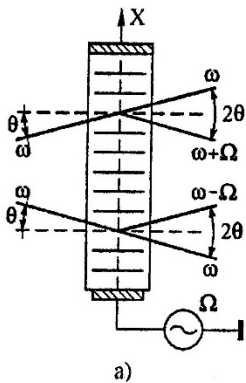


Рис. 1. Дифракція в режимі Брегга: зміщення дифрагованого пучка за частотою

Якщо світловий промінь падає під тупим кутом до напрямку поширення фронтів акустичної хвилі, то між напрямком поширення акустичної хвилі та дифрагованим світловим променем також утворюється тупий кут. Таким чином, якщо акустична хвиля набігає на світлову, то дифрагований світловий промінь зміщується з частотою донизу на величину Ω (нижня частина рис. 1а). Рис. 1а (верхня частина) ілюструє дифракцію Брегга зі зміщенням частоти доверху, тобто тоді, коли акустична хвиля відходить від світлового променя.

Якщо звукопроводи розташовані так, як показано на рис. 1б, то акустична хвиля буде набігати на світлову (дифрагований промінь зміщується за частотою донизу), або бігти від світлової хвилі, що падає (дифрагований промінь зміщується за частотою доверху). При цьому переміщення звукопроводів вздовж осі X на величину ΔX призводить до того, що дифрагований світловий промінь у верхній частині (рис. 1б) набуває негативний фазовий зсув $K\Delta X$, а дифрагований світловий промінь у нижній частині (рис. 1б) — позитивний фазовий зсув $K\Delta X$. При інтерференції дифрагованих світлових променів фазовий зсув за рахунок переміщення звукопроводів на величину ΔX подвоюється, тобто

$$\Delta\phi = 2K\Delta X = 4\pi \frac{\Delta X}{\Lambda}, \quad (4)$$

а масштаб перетворення для акустооптичного модулятора (АОМ) з плавненого кварцу під час дифракції світла на ультразвуці з частотою 80 МГц ($\Lambda = 75$ мкм) дорівнює

$$m = \frac{k}{K} = \frac{\Lambda}{\lambda} = \frac{75 \cdot 10^{-6}}{0,63 \cdot 10^{-6}} = 120, \quad (5)$$

де $\lambda = 0,63$ мкм — робоча довжина хвилі гелій-неонового лазера.

Зі збільшенням масштабного коефіцієнта m підвищується точність та розрізнявальна здатність задання КФЗ в оптичному діапазоні, а також спрощується структура інтерферометра [5]. Наприклад, задаючи лінійне переміщення з похибкою $\Delta l = 0,005$ мкм (прилад ВПЛ-30 К) та використовуючи АОМ в діапазоні частот $40 \div 110$ МГц (довжина акустичної хвилі для більшості промислових модуляторів (плавлений кварц, скло, германій, молібдат свинцю) складає $\Lambda = 0,033 \div 0,149$ мм), можна задавати КФЗ з похибкою

$$\Delta\phi = 360^\circ \frac{\Delta l}{\Lambda} = 360^\circ \frac{\Delta l F}{V} = 360^\circ \frac{5 \cdot 10^{-9} F}{V} = 1,8 \cdot 10^{-6} \frac{F}{V} = 0,0121^\circ \div 0,0545^\circ,$$

що дозволяє говорити про високу точність задання КФЗ. На частоті 100 МГц модулятори з основних акустооптичних матеріалів мають такі похибки задання КФЗ: плаваний кварц (SiO_2 , $V = 5960$ м/с) — $\Delta\varphi = 0,03^\circ$; молібдат свинцю та тяжкий флінт (PbMoO_4 та $\text{TlF} - 7$, $V = 3630$ м/с) — $\Delta\varphi = 0,05^\circ$; германій (Ge , $V = 5500$ м/с) — $\Delta\varphi = 0,033^\circ$. Розширити частотний діапазон вище 110 МГц можна гетеродинаванням без суттєвих похибок [6].

Як показали дослідження, використання гетеродиначних методів детектування оптичних полів на основі акустооптичної взаємодії, а також двочастотних лазерів дозволяє забезпечити передачу КФЗ між сигналами радіодіапазону в оптичний діапазон та навпаки без суттєвих похибок та розробити фазовий радіооптичний міст [7].

Використання фазового компаратора лінійно-кутових переміщень допомагає створити універсальний метрологічний засіб атестації робочих вимірювачів довжини, плоского кута та КФЗ електричних процесів в радіооптичному діапазоні за загальною перевіркою схемою з прийнятими в метрології еталонами часу та частоти [8].

Крім того, використання ефекту дифракції світла на ультразвуці дозволило розробити пристрій вимірювання фазової затримки, що вноситься оптично прозорими об'єктами [9], та прецизійний пристрій завдання КФЗ в діапазоні інфранизьких та низьких частот, який реалізує калібрування КФЗ з похибкою не більше $0,083^\circ$ [10].

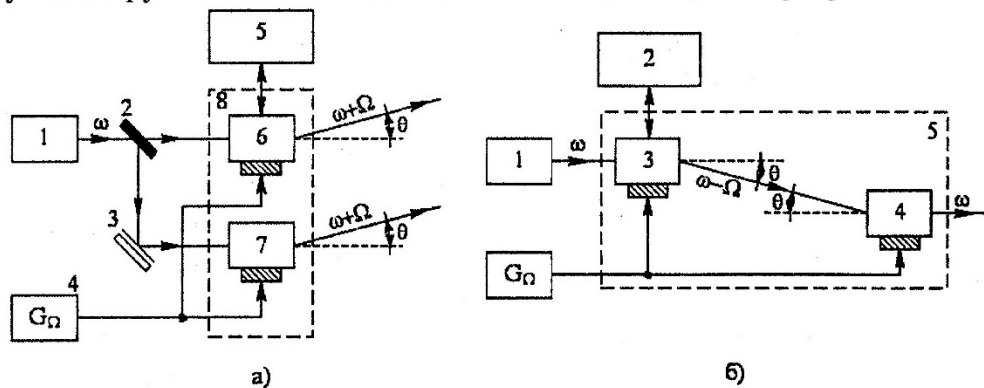


Рис. 2. Структурні схеми прецизійних фазообертачів оптичного діапазону з перетворенням частоти лазерного випромінювання (а) та без перетворення частоти (б)

Використовуючи систему з двох акустооптичних модуляторів (паралельного оброблення), які збуджуються від одного джерела з частотою Ω , та переміщуючи один з них вздовж фронту поширення акустичної хвилі (рис. 2а), можна отримати прецизійний фазообертач оптичного діапазону, для якого похибка задання КФЗ (з використанням прецизійних вимірювачів мікропереміщень) складає не більше сотих часток градуса. Такий прецизійний фазообертач оптичного діапазону складається з лазера 1, напівпрозорого дзеркала 2, відбивального дзеркала 3, радіочастотного генератора 4, вимірювача мікропереміщень 5 та АОМ 6 і 7, розташованих на стабілізаційній платформі 8. З переміщенням АОМ одночасно (але в різних напрямках) можна отримати подвоєний фазовий зсув, однак в цьому випадку зменшується розрізняльна здатність задання КФЗ. Недоліком такого оптичного фазообертача є те, що частоти вихідних випромінювань відрізняються від частоти випромінювання лазера 1 на величину Ω (частоту сигналу радіочастотного генератора 4).

З використанням послідовної обробки прецизійний фазообертач оптичного діапазону (рис. 2б) складається з лазера 1, вимірювача мікропереміщень 2, АОМ 3 та 4, розташованих на стабілізаційній платформі 5, та радіочастотного генератора 6. В такому фазообертачі на виході першого АОМ 3 використовується дифрагований промінь -1 порядку, який має частоту $\omega - \Omega$, а на виході другого АОМ 4 — дифрагований промінь $+1$ порядку, який в даному випадку буде мати частоту ω . Тому для такого прецизійного фазообертача оптичного діапазону частота вихідного випромінювання буде збігатися з частотою випромінювання лазера 1, а значення заданого КФЗ буде визначатися переміщенням першого АОМ 3 вздовж фронту поширення акустичної хвилі. Збудження АОМ, як і в першому випадку, відбувається від одного джерела (радіочастотного генератора 6).

В обох випадках для зменшення впливу вібрацій модулятори розташовані на стабілізаційних платформах, що значно збільшує степінь кореляції їхніх вібраційних фазових нестабільностей.

Таким чином, з використанням системи з двох АОМ, що збуджуються від одного джерела, можна отримати на виході системи регульований фазовий зсув в межах $0 \div 2\pi$ (при переміщенні одного з модуляторів на величину довжини акустичної хвилі Λ), при цьому похибка завдання КФЗ складає не більше сотих часток градуса.

Висновки

1. Розглянуто основні положення теорії дифракції світла на ультразвуці (акустооптичної взаємодії).

2. Наведені приклади практичного використання акустооптичної взаємодії та розглянуто методи підвищення точності та розрізняювальної здатності задання та вимірювання КФЗ в оптичному діапазоні.

3. Запропоновано два варіанти побудови прецизійного фазообертача оптичного діапазону на основі двох акустооптичних модуляторів (з перетворенням та без перетворення частоти лазерного випромінення), в яких забезпечується похибка задання КФЗ не більше сотих часток градуса.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологические лазеры: Справочник: В 2 т. Т. 2 / Под общ. ред. Г. А. Абильтитова. — М.: Машиностроение, 1991. — 544 с.
2. Супьян В. Я., Супьян А. В., Рудик А. В. Использование фазового компарирования для расширения функциональных возможностей единого эталона частоты – времени – длины // Метрология и измерительная техника: Тезисы докладов Украинской НТК. — Харьков. — 1995. — С. 57.
3. Супьян В. Я., Горбатюк С. Н., Рудик А. В. Оптический метод измерения малых амплитуд механических колебаний и перемещений // Контроль и управление в технических системах: Тезисы докладов 3-ей международной НТК. — Винница. — 1995. — С. 342—343.
4. KorpeI A. Acousto-optic signal processing, in Optical Processing, Yu.E.Nesterikhin and G.W.Stoke, Eds. New York: Plenum, 1976. — Ch. 10. — P. 171—194.
5. Рудик А. В., Суп'ян О. В. Акустооптичний спосіб вимірювання малих переміщень // Вісник ВПІ. — 1995. — № 2. — С. 58—62.
6. Ефграфов В. И., Симонюк А. Ф. Поверочная установка высшей точности для средств измерений угла фазового сдвига в диапазоне частот 5 МГц ... 12 ГГц // Измерительная техника. — 1981. — № 2. — С. 44—49.
7. Супьян В. Я., Рудик А. В., Морозов О. В. Радиооптический компаратор фазового сдвига, линейных и угловых перемещений // Актуальные проблемы электронного приборостроения: Труды 3-ей международной НТК. — Новосибирск, 1996. — Т. 5. — С. 93—95.
8. Супьян Я. В., Рудик А. В. Устройство аттестации малых мер длины // Современная контрольно-испытательная техника промышленных изделий и их сертификация: Труды 1-ой научно-практической конференции. — Киев, 1997. — Т. 1. — С. 124—125.
9. Патент 18058 Україна, МКІ G 01 B 9/00. Фазометр оптичного діапазону / Суп'ян В. Я., Суп'ян О. В., Рудик А. В. Бюл. № 5, 1997.
10. Патент 23191 Україна, МКІ G 01 R 25/04. Прецизійний калібратор фази інфранізьких та низьких частот / Суп'ян В. Я., Рудик А. В. Бюл. № 4, 1998.
11. Супьян В. Я., Супьян Я. В., Рудик А. В. Нониусные фазовращатели оптического диапазона в метрологии // Актуальные проблемы электронного приборостроения: Труды 5-ой международной НТК. — Новосибирск, 1998. — Т. 8. — С. 22—26.

Рекомендована кафедрою радіотехніки

Надійшла до редакції 23.11.99 р.

Рекомендована до опублікування 7.12.99 р.

Рудик Андрій Вікторович — доцент кафедри радіотехніки, **Барановський Ігор Васильович** — інженер кафедри електричних станцій та систем.

Вінницький державний технічний університет

УДК 621.182

Определение оптимальной температуры воды на входе в систему нагрева водонагревательных котлов / Е. С. Корженко, С. И. Ткаченко, Д. В. Степанов // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 74—76.: ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

Рассмотрены проблемы эффективного регулирования температуры воды на входе в котел. Рекомендованы режимы работы котла, позволяющие экономить тепловую и электрическую энергию в условиях отсутствия низкотемпературной коррозии металлических поверхностей водонагревательных котлов.

УДК 621.316.1.072

Формирование условий самооптимизации режимов электроэнергетической системы / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 76—81: ил. 3. Табл. 3. Библиогр.: 7 назв.

В статье рассмотрены пути, средства и способы постепенного приближения неоднородной электроэнергетической системы к однородному состоянию. Предложен метод оценки эффективности отдельных мероприятий в процессе оптимизации режимов электрических сетей.

УДК 517.8

Применение класса девиантно-нормальных распределений в имитационном моделировании / В. В. Колодный // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 82—85: ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

Предложен новый класс девиантно-нормальных распределений вероятностей (ДНР) — класс «почти» нормальных распределений с заданными отклонениями от «нормальности» (девиациями). Формализованы описания девиаций, алгоритмов-реализаторов и генераторов ДНР. Разработан обобщенный алгоритм генерации ДНР. Определены основные условия пригодности класса ДНР в имитационном моделировании.

УДК 681.513.6:629.7

Исследование системы управления рулевой машины летательного аппарата при воздействии на неё неконтролируемых параметрических возмущений / С. В. Юхимчук, М. Б. Хазин // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 86—90: ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

В статье рассматривается система управления рулевой машины летательного аппарата при влиянии на неё неконтролируемых параметрических возмущений. Получено соотношение, с помощью которого можно осуществить более точный расчёт амплитуды автоколебаний соответствующей системы при влиянии неконтролируемых параметрических возмущений. В пространстве приращения параметров осуществлена оценка влияния изменения выходного сигнала реле на выходной сигнал системы путём построения соответствующей функции чувствительности и доказано, что соответствующие изменения параметра не выводят рассматриваемую систему из устойчивого состояния.

УДК 621.73.011.001.5

Пластичность чугуна при холодном деформирующем протягивании / И. О. Сивак // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 91—95: ил. 2. Библиогр.: 8 назв.

На основе теории деформируемости исследован процесс пластической деформации поверхностного слоя чугуновых заготовок при деформирующем протягивании. Разработана методика, которая позволяет выбирать геометрию и основные характеристики деформирующего инструмента, назначать число переходов и степени деформации на каждом переходе и за счет этого формировать профиль поверхности, обеспечивать необходимые физико-механические характеристики поверхностного слоя и выходить на необходимый диаметр отверстия.

УДК 621.317.35

Прецизионные фазовращатели оптического диапазона / А. В. Рудык, И. В. Барановский // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 96—99: ил. 2. Библиогр.: 11 назв.

В работе рассмотрены основные положения теории дифракции света на ультразвуке (акустооптического взаимодействия). Приведены примеры практического применения акустооптического взаимодействия и рассмотрены методы повышения точности и разрешающей способности задания и измерения угла фазового сдвига в оптическом диапазоне. Предложено два варианта построения прецизионного фазовращателя оптического диапазона на основе двух акустооптических модуляторов (с преобразова-

нием и без преобразования частоты лазерного излучения), в которых обеспечивается погрешность задания угла фазового сдвига не больше сотых долей градуса.

УДК 378.1

Философско-методологические основы принципа интеграции образования с наукой и производством / А. А. Храбан // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 100—104: ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

В статье на основе всеобщей категории «общественное производство» проведен анализ эволюции возникновения системы «образование—наука—производство», на основе чего были сделаны выводы о необходимых и достаточных условиях для конкретно-научного влияния на развитие и формирование образования.

УДК 378.14:34.02

Формирование правовой культуры студентов как направление гуманизации учебного процесса / В. А. Довбыш // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 104—107: библиогр.: 6 назв.

В работе показано, что формирование правовой культуры является важным фактором демократизации общества, актуальным направлением гуманизации учебного процесса в вузах неюридического профиля. Проанализирована роль юридических дисциплин как формы влияния на правосознание будущих выпускников технического университета, предложены пути его углубления.

УДК 681.51+519.6

Аналитическое моделирование динамики речных процессов с одновременным учетом ламинарной и турбулентной зон / В. Б. Мокин // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 108—113: ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

Рассмотрено аналитическое моделирование динамики процессов, влияющих на качество воды в реке. Построена адекватная трехмерная пространственная модель динамики, учитывающая особенности протекания речных процессов в разных частях потока — в турбулентной стремнинной и ламинарных прибрежных зонах. Получено аналитическое решение уравнений в явном виде.

УД 532.621.24

Гидравлические потери при течении газа и капель жидкости в вертикальных трубах / М. Н. Чепурной, В. В. Бужинский // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 114—117: ил. 4. Библиогр.: 11 назв.

Исследованы закономерности гидравлических потерь на разгонном и стабилизированном участках трубопровода. Оценен вклад полидисперсных капель в общее сопротивление потока. Предложена удобная формула для расчета потерь давления.

УДК 517.97

Анализ соотношения шум/сигнал на основе минимаксных оценок / А. Л. Жиров // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — С. 118—120: библиогр.: 4 назв.

Предлагается минимаксный метод для получения алгоритмов оптимальной и адаптивной обработки сигналов в антенных решетках на основе соотношения шум/сигнал.

The article deals with the ways, means and techniques of gradual approaching of non-uniform electrical power system to uniform state. The method of valuation of efficiency techniques in the process of optimization of electrical networks modes is proposed.

Application of deviant-normal distributions class in simulation / V. Kolodny // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — P. 82—85: fig. 2. Tables. 1. Refs.: 5 titles.

The new class of deviant-normal distributions of probabilities (DND) — class of almost normal distributions with the given deflection from normality is offered. The descriptions of deflection, algorithm-realizators and DND generators are formalized. The generalized algorithm of DND generation is developed. The basic conditions of applicability of a DND class in simulation are determined.

Investigation of the control system of flying unit steering machine under the influence of the uncontrolled parametric excitements / S. Yukhymtchuk, M. Khazin // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — P. 86—90: fig. 3. Tables. 1. Refs.: 6 titles.

The article deals with control system of flying unit steering machine under the influence of uncontrolled parametric excitement. The correlation, by means of which it is possible to realize more exact calculation of the autofluctuations amplitude of considered system under the influence of parametric excitement, which are uncontrolled, is obtained. Evaluation of the influence of changing the relay output signal by the output system signal is performed in the space of the parameters increasing by means of construction of appropriate sensitivity function and it is proved that appropriate parameter changes don't move this system out of the stable state.

Toughness of pig-iron at cold broaching / I. Syvack // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — P. 91—95: fig. 2. Refs.: 8 titles.

On the basis of deformation theory the process of plastic deformation of surface layer of pig-iron performs is investigated under deformation broaching. The technique is developed which allows to select geometry and basic performances of the instrument for deformation, to assign number of transitions and degree of strain on each transition and at the expense of it to shape the profile of a surface, to ensure necessary physical-mechanical performances of surface layer and to obtain necessary diameter of a hole.

Optical range precision phase shift equipment / A. Rudyk, I. Baranovsky // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — P. 96—99: fig. 2. Refs.: 11 titles.

The article considers principle postulates of light ultrasonic diffraction theory (acoustic-optic interaction). The examples of practical application of the given interaction are presented; methods of accuracy increase, recognition ability, phase shift angle in optic range have been considered. Two variants of construction of precision phase shift of optical range device based on acoustic-optic modulators (with the transformation and without transformation of laser radiation frequency), with the error of phase shift angle less than hundredth of degree have been proposed.

Philosophical-methodological fundamentals of the principle of integration the education with science and technology / A. Khraban // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — P. 100—104: fig. 1. Refs.: 5 titles.

The article contains the analysis of the evolution of the system «education—science—industry» carried out on the basis of general category «social production». The conclusion is made regarding the necessary and sufficient conditions for science-based influence on the development and formation of education.

Formation of legal culture of students as a direction of curriculum humanisation / V. Dovbysh // Вісник ВПІ. — 2001. — № 2. — P. 104—107: Refs.: 6 titles.