

سیستم‌های کنترل هیدرولیک

نویسنده:

نواح دی منرینگ

راجر سی فالس

مترجم:

محمد مهدی ملکیان

سرشناسه	: منرینگ، نوآ Manring, Noah
عنوان و نام پدیدآور	: سیستم‌های کنترل هیدرولیک/نویسنده نواح دی منرینگ، راجر سی فالس؛ مترجم محمد مهدی ملکیان؛ ویراستار فاطمه اوجاقلو.
مشخصات نشر	: تهران: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۵۶۴ص: مصور.
شابک	: 978-622-94786-4-6
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Hydraulic control systems, 2nd.ed, 2020.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: هیدرولیک-- کنترل
	Hydraulic control
شناسه افزوده	: فیلز، راجر
شناسه افزوده	: Fales, Roger
شناسه افزوده	: ملکیان، محمد مهدی، ۱۳۴۴-، مترجم
شناسه افزوده	: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
رده بندی کنگره	: ۸۴۳TJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۸۰۴۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۰۳۲۵۴۳

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

سیستم‌های کنترل هیدرولیک

نویسندگان: نواح دی منرینگ - راجر سی فالس

مترجم: محمد مهدی ملکیان

ویراستار: فاطمه اوجاقلو

ناشر: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: پاییز ۱۴۰۱

شمارگان: ۲۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۷۸۶-۴-۶

ناظر چاپ و صحافی: نشر پیشرو فناوری قاند

صفحه‌آرایی: زینب زین الدینی

قیمت:

نشانی: احمدآباد مستوفی، بعد از میدان پارسا، خیابان انقلاب، خیابان شهید احسانی‌راد، صندوق پستی: ۱۱۵-

۳۷۵۷۵

تمام حقوق مادی این اثر اعم از چاپ، تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و مانند این‌ها برای سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران محفوظ است.

به یاد:

«پدر و مادر من»

فهرست مطالب

XXIV	مقدمه مترجم
XXIX	مقدمه چاپ دوم
XXXI	مقدمه چاپ اول
XXXIII	پیشگفتار

بخش اول: مبانی

فصل ۱: خواص سیال

۵	۱-۱ مقدمه
۵	۲-۱ دانسیته جرمی سیال
۵	۱-۲-۱ معادله حالت
۶	۲-۲-۱ رابطه بین دانسیته و حجم
۷	۳-۱ مدول حجمی سیال
۷	۱-۳-۱ تعریف
۱۰	۲-۳-۱ مدول حجمی مؤثر
۲۳	۳-۳-۱ اندازه‌گیری مدول حجمی سیال
۲۷	۴-۱ خواص حرارتی سیال
۲۷	۱-۴-۱ ضریب انبساط حرارتی
۳۳	۲-۴-۱ هدایت حرارتی
۳۴	۳-۴-۱ گرمای ویژه
۳۵	۵-۱ لزجت سیال
۳۵	۱-۵-۱ تعاریف
۳۸	۲-۵-۱ ضریب درگ لزج
۳۹	۱-۵-۳ مدل‌ها و چارت‌های لزجت
۴۱	۶-۱ فشار بخار

۴۱	۷-۱ خواص شیمیایی.....
۴۳	۸-۱ انواع سیالات و انتخاب آنها.....
۴۳	۱-۸-۱ سیالات پایه نفتی.....
۴۳	۲-۸-۱ سیالات مصنوعی.....
۴۴	۳-۸-۱ سیالات زیست تخریب پذیر.....
۴۴	۴-۸-۱ آب.....
۴۵	۵-۸-۱ انتخاب سیال.....
۴۵	۹-۱ نتیجه گیری.....
۴۷	۱۰-۱ مراجع.....
۴۸	۱۱-۱ مسائل.....
۴۸	۱-۱۱-۱ دانسیته جرمی سیال.....
۴۸	۲-۱۱-۱ مدول حجمی سیال.....
۴۹	۳-۱۱-۱ خواص حرارتی سیال.....
۵۰	۴-۱۱-۱ لزجت سیال.....

فصل ۲: مکانیک سیالات

۵۳	۱-۲ مقدمه.....
۵۳	۲-۲ معادله های حاکم.....
۵۳	۱-۲-۲ معادله های ناویر-استوکس (N-S).....
۵۴	۲-۲-۲ جریان با عدد رینولدز بالا.....
۵۷	۳-۲-۲ جریان با عدد رینولدز پایین.....
۶۱	۴-۲-۲ جریان مغشوش در مقابل جریان آرام.....
۶۲	۵-۲-۲ تحلیل حجم کنترل.....
۶۹	۳-۲ جریان سیال.....
۶۹	۱-۳-۲ عدد رینولدز.....
۷۱	۲-۳-۲ جریان برنولی و معادله اوریفیس.....
۷۴	۳-۳-۲ جریان پوازی و معادله نشتی حلقوی.....
۸۱	۴-۳-۲ جریان لوله.....
۸۷	۴-۲ تلفات فشار.....
۸۷	۱-۴-۲ تلفات عمده.....

۸۷	۲-۴-۲ تلفات جزئی
۹۳	۵-۲ حالت‌های گذرای فشار
۹۳	۲-۵-۱ مجراهای هیدرولیکی
۹۶	۲-۵-۲ ضربه قوچ
۹۹	۲-۵-۳ نرخ افزایش فشار حجم کنترل در حال تغییر
۱۰۲	۲-۶-۱ انرژی و توان هیدرولیکی
۱۰۲	۲-۶-۱ توان سیال
۱۰۳	۲-۶-۲ تولید گرما در سیستم‌های هیدرولیکی
۱۰۵	۲-۷ تئوری روانکاری
۱۱۰	۲-۸ نتیجه‌گیری
۱۱۱	۲-۹ مراجع
۱۱۲	۲-۱۰ مسائل
۱۱۲	۲-۱۰-۱ معادله‌های حاکم
۱۱۲	۲-۱۰-۲ جریان سیال
۱۱۳	۲-۱۰-۳ فشار سیال
۱۱۴	۲-۱۰-۴ توان سیال

فصل ۳: کنترل و سیستم‌های دینامیکی

۱۱۷	۳-۱ مقدمه
۱۱۷	۳-۲ مدل‌سازی
۱۱۷	۳-۲-۱ کلیات
۱۱۷	۳-۲-۲ سیستم‌های مکانیکی
۱۱۸	۳-۲-۳ سیستم‌های هیدرومکانیکی
۱۲۰	۳-۲-۴ سیستم‌های الکترومکانیکی
۱۲۲	۳-۲-۵ خلاصه
۱۲۲	۳-۳ خطی‌سازی
۱۲۲	۳-۳-۱ کلیات
۱۲۳	۳-۳-۲ بسط سری تیلور
۱۲۴	۳-۳-۳ مثال‌های خطی‌سازی
۱۲۶	۳-۴ رفتار دینامیکی

- ۱۲۶..... ۳-۴-۱ پاسخ مرتبه اول
- ۱۳۱..... ۳-۴-۲ پاسخ مرتبه دوم
- ۱۴۵..... ۳-۴-۳ پاسخ مرتبه بالاتر
- ۱۴۵..... ۳-۵-۵ تحلیل فضای حالت
- ۱۴۵..... ۳-۵-۱ کلیات
- ۱۴۶..... ۳-۵-۲ معادلات فضای حالت
- ۱۴۷..... ۳-۵-۳ معادله مشخصه
- ۱۴۸..... ۳-۶-۶ نمودارهای بلوکی و تبدیل لاپلاس
- ۱۴۸..... ۳-۶-۱ کلیات
- ۱۴۸..... ۳-۶-۲ تبدیل لاپلاس
- ۱۵۰..... ۳-۶-۳ بسط کسر جزئی
- ۱۵۵..... ۳-۶-۴ نمودارهای بلوکی
- ۱۶۶..... ۳-۷-۷ پایداری
- ۱۶۶..... ۳-۷-۱ کلیات
- ۱۶۶..... ۳-۷-۲ معیار پایداری
- ۱۷۱..... ۳-۷-۳ خلاصه
- ۱۷۱..... ۳-۸-۸ کنترل بازخورد
- ۱۷۱..... ۳-۸-۱ کلیات
- ۱۷۴..... ۳-۸-۲ طراحی کنترل کننده PID در حوزه زمان
- ۱۸۲..... ۳-۸-۳ طراحی کنترل در حوزه فرکانس
- ۱۹۳..... ۳-۸-۴ کنترل دیجیتال
- ۲۰۸..... ۳-۸-۵ کنترل پذیری و طراحی کنترل کننده بازخورد حالت
- ۲۱۲..... ۳-۸-۶ رؤیت پذیری و تخمین حالت
- ۲۱۴..... ۳-۸-۷ خلاصه
- ۲۱۵..... ۳-۹-۹ نتیجه گیری
- ۲۱۶..... ۳-۱۰-۱۰ مراجع
- ۲۱۷..... ۳-۱۱-۱۱ مسائل
- ۲۱۷..... ۳-۱۱-۱ مدل سازی
- ۲۱۷..... ۳-۱۱-۲ خطی سازی
- ۲۱۷..... ۳-۱۱-۳ رفتار دینامیکی

۳-۱۱-۴ نمودارهای بلوکی و تبدیل لاپلاس..... ۲۱۹

۳-۱۱-۵ کنترل بازخورد..... ۲۱۹

فصل ۴: شیرهای کنترل هیدرولیک

۴-۱ مقدمه ۲۲۳

۴-۲ ضرایب جریان شیر ۲۲۴

۴-۲-۱ بررسی اجمالی ۲۲۴

۴-۲-۲ معادله خطی شده جریان ۲۲۶

۴-۲-۳ هندسه دهانه شیر ۲۲۷

۴-۲-۴ خلاصه ۲۳۱

۴-۳ شیرهای اسپولی دوراhe ۲۳۱

۴-۳-۱ بررسی اجمالی ۲۳۱

۴-۳-۲ راندمان ۲۳۲

۴-۳-۳ نیروهای جریان ۲۳۳

۴-۳-۴ شیرهای فشارشکن ۲۴۲

۴-۳-۵ خلاصه ۲۴۹

۴-۴ شیرهای اسپولی سه راهه ۲۴۹

۴-۴-۱ بررسی اجمالی ۲۴۹

۴-۴-۲ راندمان ۲۵۴

۴-۴-۳ نیروهای جریان ۲۵۶

۴-۴-۴ شیرهای هیدرومکانیکی ۲۵۸

۴-۴-۵ خلاصه ۲۶۱

۴-۵ شیر اسپولی چهارراهه ۲۶۲

۴-۵-۱ بررسی اجمالی ۲۶۲

۴-۵-۲ راندمان ۲۶۷

۴-۵-۳ نیروهای جریان ۲۶۹

۴-۵-۴ شیرهای الکتروهیدرولیکی دو مرحله‌ای ۲۷۱

۴-۵-۵ خلاصه ۲۸۳

۴-۶ شیرهای پاپتی ۲۸۴

۴-۶-۱ بررسی اجمالی ۲۸۴

۲۸۶.....	۲-۶-۴ راندمان
۲۸۷.....	۳-۶-۴ نیروهای جریان
۲۸۹.....	۴-۶-۴ شیرهای تخلیه فشار
۲۹۵.....	۵-۶-۴ خلاصه
۲۹۵.....	۷-۴ شیرهای فلپر نازل
۲۹۵.....	۱-۷-۴ کلیات
۲۹۷.....	۲-۷-۴ راندمان
۲۹۸.....	۳-۷-۴ نیروهای جریان
۳۰۲.....	۴-۷-۴ شیرهای الکتروهیدرولیک دو مرحله‌ای
۳۱۶.....	۷-۵-۴ خلاصه
۳۱۷.....	۸-۴ نتیجه‌گیری
۳۱۸.....	۹-۴ مراجع
۳۱۹.....	۱۰-۴ مسائل
۳۱۹.....	۱-۱۰-۴ ضرایب جریان شیر
۳۱۹.....	۲-۱۰-۴ شیرهای اسپولی
۳۲۰.....	۳-۱۰-۴ شیر پاپتی
۳۲۱.....	۴-۱۰-۴ شیرهای فلپر نازل

بخش دوم: قطعات هیدرولیکی

فصل ۵: پمپ‌های هیدرولیک

۳۲۷.....	۱-۵ مقدمه
۳۲۷.....	۱-۱-۵ بررسی اجمالی
۳۲۸.....	۲-۱-۵ انواع پمپ‌های هیدرواستاتیک
۳۳۸.....	۳-۱-۵ خلاصه
۳۳۸.....	۲-۵ راندمان پمپ
۳۳۸.....	۱-۲-۵ بررسی اجمالی
۳۳۹.....	۲-۲-۵ تعاریف راندمان
۳۴۰.....	۳-۲-۵ مدل‌سازی راندمان پمپ
۳۴۲.....	۴-۲-۵ اندازه‌گیری راندمان پمپ

۳۴۷.....	۵-۲-۵ خلاصه
۳۴۷.....	۳-۵ پمپ‌های دنده‌ای
۳۴۷.....	۱-۳-۵ بررسی اجمالی
۳۴۸.....	۲-۳-۵ مشخصه‌های جریان پمپ
۳۵۲.....	۳-۳-۵ کنترل پمپ
۳۵۳.....	۳-۴-۵ خلاصه
۳۵۳.....	۴-۵ پمپ‌های پیستون‌محوری با صفحه زاویه‌گیر
۳۵۳.....	۱-۴-۵ بررسی اجمالی
۳۵۵.....	۲-۴-۵ مشخصه‌های جریان پمپ
۳۵۸.....	۳-۴-۵ پمپ‌های با فشار کنترل‌شده
۳۷۰.....	۴-۴-۵ پمپ‌های با جابه‌جایی کنترل‌شده
۳۷۷.....	۵-۴-۵ خلاصه
۳۷۸.....	۵-۵ نتیجه‌گیری
۳۷۹.....	۶-۵ مراجع
۳۸۰.....	۷-۵ مسائل
۳۸۰.....	۱-۷-۵ بازده پمپ
۳۸۱.....	۲-۷-۵ پمپ‌های دنده‌ای
۳۸۱.....	۳-۷-۵ پمپ‌های پیستون‌محوری صفحه زاویه‌گیر

فصل ۶: عملگرهای هیدرولیک

۳۸۷.....	۱-۶ مقدمه
۳۸۷.....	۲-۶ انواع عملگر
۳۸۷.....	۱-۲-۶ عملگرهای خطی
۳۸۹.....	۲-۲-۶ عملگرهای چرخشی
۳۹۰.....	۳-۶ عملگرهای خطی
۳۹۰.....	۱-۳-۶ بررسی اجمالی
۳۹۰.....	۲-۳-۶ بازده
۳۹۲.....	۳-۳-۶ کارکرد عملگر
۳۹۵.....	۴-۳-۶ خلاصه
۳۹۵.....	۴-۶ عملگرهای چرخشی

۳۹۵.....	۱-۴-۶ بررسی اجمالی
۳۹۶.....	۲-۴-۶ بازده
۳۹۸.....	۳-۴-۶ کارکرد عملگر
۴۰۰.....	۴-۴-۶ خلاصه
۴۰۰.....	۵-۶ نتیجه‌گیری
۴۰۲.....	۶-۶ مراجع
۴۰۳.....	۷-۶ مسائل
۴۰۳.....	۱-۷-۶ عملگرهای خطی
۴۰۳.....	۲-۷-۶ عملگرهای چرخشی

فصل ۷: لوازم جانبی

۴۰۷.....	۱-۷ مقدمه
۴۰۷.....	۲-۷ اکومولاتورها
۴۰۷.....	۱-۲-۷ وظایف اکومولاتور
۴۱۰.....	۲-۲-۷ طراحی اکومولاتور
۴۱۶.....	۳-۷ مجراهای هیدرولیک
۴۱۶.....	۱-۳-۷ وظایف مجراهای هیدرولیک
۴۱۷.....	۲-۳-۷ مشخصه‌های مجراهای هیدرولیک
۴۱۹.....	۴-۷ مخازن
۴۱۹.....	۱-۴-۷ وظایف مخزن
۴۲۰.....	۲-۴-۷ طراحی مخزن
۴۲۴.....	۵-۷ خنک‌کن‌ها
۴۲۴.....	۱-۵-۷ وظایف خنک‌کن
۴۲۴.....	۲-۵-۷ طراحی خنک‌کن
۴۲۵.....	۶-۷ فیلتر
۴۲۵.....	۱-۶-۷ وظایف فیلتر
۴۲۶.....	۲-۶-۷ جانمایی فیلتر
۴۲۹.....	۷-۷ نتیجه‌گیری
۴۳۱.....	۸-۷ مراجع
۴۳۲.....	۹-۷ مسائل

۴۳۲	۱-۹-۷ اکومولاتورها
۴۳۲	۲-۹-۷ مجراهای هیدرولیک
۴۳۳	۳-۹-۷ مخازن
۴۳۴	۴-۹-۷ خنک‌کن‌ها
۴۳۴	۵-۹-۷ فیلترها

بخش سوم: سیستم‌های کنترل هیدرولیک

فصل ۸: سیستم‌های هیدرولیکی کنترل شده توسط شیر

۴۴۱	۱-۸ مقدمه
۴۴۳	۲-۸ کنترل عملگر خطی با استفاده از شیر چهارراهه
۴۴۳	۱-۲-۸ شرح
۴۴۴	۲-۲-۸ تحلیل
۴۴۸	۳-۲-۸ طراحی
۴۵۶	۴-۲-۸ کنترل
۴۶۴	۵-۲-۸ خلاصه
۴۶۵	۳-۸ کنترل عملگر خطی با استفاده از شیر سه‌راهه
۴۶۵	۱-۳-۸ شرح
۴۶۷	۲-۳-۸ تحلیل
۴۷۰	۳-۳-۸ طراحی
۴۷۶	۴-۳-۸ کنترل
۴۸۵	۵-۳-۸ خلاصه
۴۸۶	۴-۸ عملگر چرخشی کنترل شده توسط شیر چهارراهه
۴۸۶	۱-۴-۸ شرح
۴۸۷	۲-۴-۸ تحلیل
۴۹۰	۳-۴-۸ طراحی
۴۹۷	۴-۴-۸ کنترل
۵۰۶	۵-۴-۸ خلاصه
۵۰۷	۵-۸ نتیجه‌گیری
۵۱۰	۶-۸ مراجع

۷-۸ مسائل	۵۱۱
۱-۷-۸ کنترل عملگر خطی توسط شیر چهارراهه	۵۱۱
۲-۷-۸ کنترل عملگر خطی یک سر شفت به وسیله شیر سه راهه	۵۱۲
۳-۷-۸ کنترل عملگر چرخشی به وسیله شیر چهارراهه	۵۱۲

فصل ۹: سیستم‌های کنترل شونده توسط پمپ

۱-۹ مقدمه	۵۱۷
۲-۹ عملگر خطی کنترل شونده توسط پمپ جابه‌جایی ثابت	۵۱۹
۱-۲-۹ شرح	۵۱۹
۲-۲-۹ تحلیل	۵۲۰
۳-۲-۹ طراحی	۵۲۳
۴-۲-۹ کنترل	۵۲۷
۵-۲-۹ خلاصه	۵۳۶
۳-۹ کنترل عملگر چرخشی با استفاده از پمپ جابه‌جایی متغیر	۵۳۷
۱-۳-۹ شرح	۵۳۷
۲-۳-۹ تحلیل	۵۳۹
۳-۳-۹ طراحی	۵۴۱
۴-۳-۹ کنترل	۵۴۸
۵-۳-۹ خلاصه	۵۵۷
۴-۹ نتیجه‌گیری	۵۵۸
۵-۹ مراجع	۵۶۰
۶-۹ مسائل	۵۶۱
۱-۶-۹ کنترل محرک خطی توسط پمپ جابه‌جایی ثابت	۵۶۱
۲-۶-۹ محرک چرخشی کنترل شده توسط پمپ جابه‌جایی متغیر	۵۶۱

تبدیل‌های واحدها	۵۷۱
------------------	-----

فهرست شکل

- شکل ۱-۱. منحنی تنش- کرنش مایع که نشان‌دهنده مدول حجمی سکانت K و مدول حجمی تانژانت β است. ۸
- شکل ۱-۲. مخزن انعطاف‌پذیر تحت فشار که با مخلوطی از مایع و هوا پر شده است. ۱۱
- شکل ۱-۳. سیستم فتری معادل که نشان‌دهنده اثرات انعطاف‌پذیری مایع، هوا، و مخزن است. ۱۳
- شکل ۱-۴. هندسه دستگاه آزمایشگاهی مورد استفاده برای اندازه‌گیری مدول حجمی سیال داخل مخزن بسته. ۲۳
- شکل ۱-۵. ارتباط بین دستگاه مختصات، جهت جریان حرارتی و گرادیان دما در یک بُعد. ۳۳
- شکل ۱-۶. شماتیک کرنش برشی داخل مایع. ۳۶
- شکل ۱-۷. لزجت مایعات با گرید SAE. ۳۹
- شکل ۱-۲. دیگرام جسم آزاد المان سیال تحت جریان با عدد رینولدز بالا. ۵۶
- شکل ۲-۲. نمودار جسم آزاد المان سیال تحت جریان با عدد رینولدز پایین. ۶۰
- شکل ۲-۳. حجم کنترل نشان داده شده با خط چین، به همراه سیستمی از ذرات در حال حرکت از مرز ۲ است. ۶۳
- شکل ۲-۴. جریان با عدد رینولدز بالا که از اوریفیس با لبه تیز در حال عبور است؛ A_2 ، نشان‌دهنده مساحت ونا کانتراکتا است. ۷۲
- شکل ۲-۵. مقادیر آزمایشگاهی مربوط به نسبت انقباض برای هندسه‌های دایروی مختلف. ۷۳
- شکل ۲-۶. گذرگاه دایروی جریان با عدد رینولدز پایین. ۷۴
- شکل ۲-۷. مدل شماتیک نشستی حلقوی. ۷۶
- شکل ۲-۸. گذرگاه جریان با شکل دلخواه. ۸۰
- شکل ۲-۹. جریان پوازی گذرنده از گذرگاه‌های با مقاطع متفاوت. ۸۱
- شکل ۲-۱۰. شماتیک مربوط به جریان داخل لوله در ناحیه نزدیک به مدخل ورودی آن. ۸۲
- شکل ۲-۱۱. نمودار مودی [۱]. ۸۶
- شکل ۲-۱۲. ضریب افت مربوط به جریان برای حالات مختلف ورودی. ۸۸
- شکل ۲-۱۳. ضریب افت برای جریان در حالات مختلف ورودی با مقطع شود. ۸۹
- شکل ۲-۱۴. ضریب افت مربوط به جریان برای حالات مختلف خروجی. ۹۰
- شکل ۲-۱۵. ضریب افت برای تغییرات ناگهانی مقطع لوله. ۹۰

- شکل ۲-۱۶. ضریب افت برای خم لوله. ۹۱.....
- شکل ۲-۱۷. تحلیل حجم کنترل برای مجرای هیدرولیکی. ۹۴.....
- شکل ۲-۱۸. تغییر ناگهانی در سرعت ستون مایع. ۹۷.....
- شکل ۲-۱۹. شماتیک حجم کنترل در حال تغییر. ۹۹.....
- شکل ۲-۲۰. شماتیک ستون سیال تحت نیروی اعمالی. ۱۰۲.....
- شکل ۲-۲۱. تغییر دما در محدودکننده جریان. ۱۰۴.....
- شکل ۲-۲۲. سطوح غیرتخت پد یاتاقانی. ۱۰۶.....
- شکل ۳-۱. پاندول در حال نوسان. ۱۱۸.....
- شکل ۳-۲. عملگر هیدرولیکی. ۱۱۹.....
- شکل ۳-۳. عملگر الکترومغناطیسی. ۱۲۰.....
- شکل ۳-۴. مدار الکتریکی برای سیم‌پیچ مربوط به شکل ۳-۳. ۱۲۱.....
- شکل ۳-۵. سیستم مرتبه اول فنر و میراگر. ۱۲۷.....
- شکل ۳-۶. پاسخ مرتبه اول سیستم آزاد فنر-میراگر. ۱۲۸.....
- شکل ۳-۷. مثالی از پاسخ زمانی مرتبه اول سیستم فنر-دمپر تحت نیروی هارمونیک. ۱۲۹.....
- شکل ۳-۸. پاسخ فرکانسی مرتبه اول. ۱۳۱.....
- شکل ۳-۹. سیستم مرتبه دوم فنر-جرم-میراگر. ۱۳۱.....
- شکل ۳-۱۰. منحنی مقادیر ویژه سیستم مرتبه دوم. ۱۳۳.....
- شکل ۳-۱۱. پاسخ مرتبه دوم آزاد تحت میرا برای حالت: $x_0 = 0$. ۱۳۶.....
- شکل ۳-۱۲. منحنی پاسخ‌های مرتبه دو آزاد فرامیرا و میرا شده بحرانی. ۱۳۷.....
- شکل ۳-۱۳. پاسخ پله سیستم مرتبه دوم تحت میرا. ۱۳۸.....
- شکل ۳-۱۴. مشخصات پاسخ سیستم مرتبه دوم تحت میرا. ۱۳۹.....
- شکل ۳-۱۵. پاسخ دامنه سیستم مرتبه دوم. ۱۴۲.....
- شکل ۳-۱۶. پاسخ فاز سیستم مرتبه دوم. ۱۴۳.....
- شکل ۳-۱۷. ترکیب سه سیگنال با استفاده از جمع. ۱۵۶.....
- شکل ۳-۱۸. بهره، همراه با ورودی A و خروجی B (a) و تابع انتقال (b). ۱۵۶.....
- شکل ۳-۱۹. اتصال فیدبک منفی. ۱۵۷.....
- شکل ۳-۲۰. ساختن نمودار بلوکی سیستم نشان داده شده در شکل ۳-۱. ۱۵۹.....
- شکل ۳-۲۱. ساختن نمودار بلوکی مربوط به قطعه فشاری شکل ۳-۲. ۱۶۱.....
- شکل ۳-۲۲. ساختن نمودار بلوکی مربوط به قطعه پیستون شکل ۳-۲. ۱۶۲.....
- شکل ۳-۲۳. نمودار بلوکی مربوط به سیستم‌های هیدرومکانیکی شکل ۳-۲. ۱۶۳.....
- شکل ۳-۲۴. نمودار بلوکی مربوط به قطعه جریانی شکل ۳-۳. ۱۶۴.....
- شکل ۳-۲۵. نمودار بلوکی مربوط به قطعه القاء‌گیر (آرمیچر) شکل ۳-۳. ۱۶۵.....
- شکل ۳-۲۶. نمودار بلوکی مربوط به سیستم‌های الکترومکانیکی شکل ۳-۳. ۱۶۶.....

- شکل ۳-۲۷. نمودار بلوکی سیستم کنترل فیدبک. ۱۷۳.....
- شکل ۳-۲۸. نمودار بلوکی سیستم مرتبه دوم کلاسیک. ۱۷۴.....
- شکل ۳-۲۹. نمودار بلوکی کنترل کننده کلاسیک PID. ۱۷۵.....
- شکل ۳-۳۰. خطای تقریبی و خروجی کنترل کننده. ۱۸۱.....
- شکل ۳-۳۱. پاسخ فرکانسی $G_s = \omega_n^2 s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2$. ۱۸۶.....
- شکل ۳-۳۲. پاسخ فرکانسی تابع انتقال حلقه برای کنترل P با $K = 2$ و $K = 3$. خط چین‌های عمودی، محل فرکانس‌های تقاطع را نشان می‌دهند. ۱۸۸.....
- شکل ۳-۳۳. پاسخ فرکانسی تابع انتقال حساسیت حلقه بسته $S(j\omega)$ ، مربوط به کنترل P با $K = 2$ و $K = 5$. ۱۸۹.....
- شکل ۳-۳۴. پاسخ فرکانسی تابع انتقال حلقه باز، $L(j\omega)$ ، برای کنترل I با $K_I = 1$. ۱۹۰.....
- شکل ۳-۳۵. پاسخ فرکانسی تابع انتقال حلقه باز، $L(j\omega)$ ، برای کنترل PID با $K_d = 2$ و $K_d = 5$. ۱۹۲.....
- شکل ۳-۳۶. پاسخ فرکانسی تابع انتقال حساسیت حلقه بسته، $S(j\omega)$ ، برای کنترل PID با پارامتر انتخاب شده $\omega_n = a$ ، و $K_d = 2$ و $K_d = 5$. ۱۹۳.....
- شکل ۳-۳۷. پاسخ زمانی ورودی پله تابع انتقال مکمل حساسیت حلقه بسته، $T(s)$ ، برای کنترل P و کنترل PID با $z = \omega_n$ و $K_d = 5$ و $K = 5$. ۱۹۳.....
- شکل ۳-۳۸. (الف) صفحه s با خطوط نقطه‌ای شعاعی، نشان‌دهنده نسبت میرایی ثابت و خطوط نیم‌دایره‌ای که فرکانس طبیعی ثابت را نشان می‌دهند. (ب) صفحه z با خطوط با نسبت میرایی ثابت $0.1 - 0.9$ و خطوط با فرکانس طبیعی ثابت $0.9\pi/T$. ۲۰۰.....
- شکل ۳-۳۹. نمودار $y = \sin(\omega t)$ و y نمونه‌برداری شده با $T = 0.1 \times 2\pi/\omega$ و ZOH اعمالی. ۲۰۲.....
- شکل ۳-۴۰. ZOH (تابع انتقال (GZOH(s) و تابع انتقال دستگاه $G(s)$. ۲۰۲.....
- شکل ۳-۴۱. سیستم کنترل زمان گسسته حلقه بسته. ۲۰۴.....
- شکل ۳-۴۲. شبیه‌سازی سیستم کنترل حلقه بسته با کنترل کننده PID پیوسته و کنترل کننده PID گسسته. ۲۰۷.....
- شکل ۳-۴۳. پاسخ زمانی مثال سیستم فضای حالت حلقه بسته با فیدبک حالت کامل و ورودی پله به‌عنوان موقعیت موردنظر (حالت ۱). ۲۱۱.....
- شکل ۴-۱. منحنی‌های فشار-جریان مربوط به دو نوع شیر. ۲۲۵.....
- شکل ۴-۲. هندسه دهانه شیر. ۲۲۸.....
- شکل ۴-۳. خواص سطح مربوط به هندسه‌های ۲-۴. ۲۳۰.....
- شکل ۴-۴: شیر دوراهه اسپولی. ۲۳۲.....
- شکل ۴-۵. حجم کنترل برای محاسبه نیروهای جریانی شیر اسپولی. ۲۳۵.....

- شکل ۴-۶. نیروهای جریان ناشی از کنترل روی سمت چپ محدوده. ۲۳۸.....
- شکل ۴-۷. نیروهای جریان ناشی از کنترل روی سمت راست محدوده. ۲۳۹.....
- شکل ۴-۸. زاویه جت شیر اسپولی. ۲۴۰.....
- شکل ۴-۹. شماتیک شیر فشارشکن نوع اسپولی دوراها. ۲۴۴.....
- شکل ۴-۱۰. شیر اسپولی سه راهه. ۲۵۰.....
- شکل ۴-۱۱. هندسه گلوگاه شیر اسپولی سه راهه. ۲۵۳.....
- شکل ۴-۱۲. شیر اسپولی سه راهه هیدرومکانیکی. ۲۵۹.....
- شکل ۴-۱۳. شیر اسپولی چهارراهه. ۲۶۳.....
- شکل ۴-۱۴. هندسه گلوگاه شیر اسپولی چهارراهه. ۲۶۶.....
- شکل ۴-۱۵. شماتیک شیر سلونوئیدی الکتروهیدرولیکی دومرحله‌ای. ۲۷۲.....
- شکل ۴-۱۶. عملگر سمت چپ مربوط به شکل ۴-۱۵. ۲۷۳.....
- شکل ۴-۱۷. عملگر سمت راست مربوط به شکل ۴-۱۵. ۲۷۳.....
- شکل ۴-۱۸. جابه‌جایی شیر بر حسب جریان الکتریکی ورودی. ۲۷۵.....
- شکل ۴-۱۹. شیر پاپتی دوراها. ۲۸۵.....
- شکل ۴-۲۰. هندسه سطح تخلیه شیر پاپتی. ۲۸۶.....
- شکل ۴-۲۱. نیروهای جریانی پاپت و حجم کنترل. ۲۸۸.....
- شکل ۴-۲۲. شماتیک شیر تخلیه فشار از نوع دوراها پاپتی. ۲۹۰.....
- شکل ۴-۲۳. شیر فلپر نازل دو راهه. ۲۹۶.....
- شکل ۴-۲۴. حجم کنترل نیروی جریان مربوط به شیر فلپر نازل دوراها. ۲۹۸.....
- شکل ۴-۲۵. شیر فلپر نازل نوع دو نازله. ۳۰۲.....
- شکل ۴-۲۶. شماتیک شیر الکتروهیدرولیکی دومرحله‌ای تحریک شونده. ۳۰۴.....
- شکل ۴-۲۷. عملگر سمت راست شکل ۴-۲۶. ۳۰۷.....
- شکل ۴-۲۸. عملگر سمت چپ مربوط به شکل ۴-۲۶. ۳۰۹.....
- شکل ۴-۲۹. هندسه فلپر و فنر بازخورد. ۳۱۲.....
- شکل ۵-۱. نمای برش خورده از پمپ دنده‌های خارجی. ۳۲۹.....
- شکل ۵-۲. نمای برش خورده پمپ ژیروتوری. ۳۳۱.....
- شکل ۵-۳. نمای برش خورده از پمپ پرهای. ۳۳۲.....
- شکل ۵-۴. نمای برش خورده پمپ پیستون شعاعی. ۳۳۳.....
- شکل ۵-۵. نمای برش خورده از پمپ پیستون-محوری با صفحه زاویه‌گیر. ۳۳۵.....
- شکل ۵-۶. مفصل مشترک فقط گشتاور را تحمل می‌کند. ۳۳۶.....
- شکل ۵-۷. شماتیک توان خروجی و ورودی. ۳۴۰.....
- شکل ۵-۸. نمونه‌ای از منحنی‌های راندمان پمپ. ۳۴۱.....
- شکل ۵-۹. هندسه پمپ دنده‌های. ۳۴۸.....

- شکل ۵-۱۰. دامنه موجی جریان پمپ دنده‌های برای زاویه ۲۱ درجه. ۳۵۱
- شکل ۵-۱۱. هندسه پمپ پیستون محوری با صفحه زاویه‌گیر. ۳۵۵
- شکل ۵-۱۲. دامنه موج جریان پمپ پیستون محوری. ۳۵۸
- شکل ۵-۱۳. شماتیک پمپ پیستون محوری با صفحه زاویه‌گیر و فشار کنترل شده. ۳۶۰
- شکل ۵-۱۴. پروفیل فشار مربوط به صفحه پورت. ۳۶۱
- شکل ۵-۱۵. نمودار بلوکی پمپ با فشار کنترل شده شکل ۵-۱۳. ۳۶۸
- شکل ۵-۱۶. شماتیک پمپ صفحه زاویه‌گیر پیستون محوری با جابجایی کنترل شده. ۳۷۳
- شکل ۶-۱. هندسه عملگر خطی. ۳۸۸
- شکل ۶-۲. انواع عملگر خطی. ۳۸۹
- شکل ۶-۳. شماتیک جریان توانی عملگر خطی. ۳۹۰
- شکل ۶-۴. نمونه‌ای از منحنی‌های بازده عملگر خطی. ۳۹۲
- شکل ۶-۵. کارکرد عملگر خطی. ۳۹۳
- شکل ۶-۶. شماتیک جریان توان مربوط به عملگر چرخشی. ۳۹۷
- شکل ۷-۱. مثال از سیستمی که از اکومولاتور هیدرولیک استفاده می‌کند. ۴۰۸
- شکل ۷-۲. شماتیک سه طرح اکومولاتور. ۴۱۰
- شکل ۷-۳. شماتیک مخزن معمولی دارای صفحه مشبک که فقط در یک نما نشان داده شده است. ۴۲۱
- شکل ۷-۴. مبدل حرارتی پوسته-لوله. ۴۲۵
- شکل ۷-۵. شماتیک از چهار محل مختلف قرارگیری فیلتر در سیستم کنترل هیدرولیک. ۴۲۷
- شکل ۸-۱. شماتیک عملگر خطی کنترل شده توسط شیر چهارراهه. ۴۴۴
- شکل ۸-۲. کنترل موقعیت عملگر خطی کنترل شده توسط شیر چهارراهه. ۴۵۸
- شکل ۸-۳. کنترل سرعت عملگر کنترل شده توسط شیر چهارراهه. ۴۶۰
- شکل ۸-۴. کنترل نیروی اعمالی عملگر کنترل شده توسط شیر چهار راهه. ۴۶۲
- شکل ۸-۵. شماتیک عملگر کنترل شده توسط شیر سه‌راهه. ۴۶۶
- شکل ۸-۶. کنترل موقعیت عملگر کنترل شده توسط شیر سه‌راهه. ۴۷۸
- شکل ۸-۷. کنترل سرعت عملگر کنترل شده توسط شیر سه‌راهه. ۴۸۱
- شکل ۸-۸. کنترل نیرو برای عملگر کنترل شده توسط شیر سه‌راهه. ۴۸۴
- شکل ۸-۹. شماتیک محرک چرخشی کنترل شده توسط شیر چهارطرفه. ۴۸۷
- شکل ۸-۱۰. کنترل موقعیت عملگر چرخشی کنترل شده توسط شیر چهار راهه. ۴۹۹
- شکل ۸-۱۱. کنترل سرعت عملگر چرخشی کنترل شده توسط شیر چهارراهه. ۵۰۱
- شکل ۸-۱۲. کنترل گشتاور عملگر چرخشی کنترل شده توسط شیر چهار راهه. ۵۰۵
- شکل ۹-۱. شکل کلی عملگر کنترل شونده توسط پمپ جابه‌جایی ثابت. ۵۲۱
- شکل ۹-۲. کنترل موقعیت عملگر خطی کنترل شونده توسط پمپ جابه‌جایی ثابت. ۵۲۹

- شکل ۳-۹. کنترل سرعت عملگر خطی کنترل شونده با پمپ جابه‌جایی ثابت..... ۵۳۲
- شکل ۴-۹. کنترل نیرو برای عملگر خطی کنترل شونده توسط پمپ جابه‌جایی ثابت..... ۵۳۵
- شکل ۵-۹. شماتیک عملگر کنترل شونده توسط پمپ جابه‌جایی متغیر..... ۵۳۸
- شکل ۶-۹. کنترل موقعیت عملگر چرخشی توسط پمپ با جابه‌جایی متغیر..... ۵۴۹
- شکل ۷-۹. کنترل سرعت عملگر چرخشی توسط پمپ با جابه‌جایی متغیر..... ۵۵۲
- شکل ۸-۹. کنترل گشتاور عملگر چرخشی توسط پمپ با جابه‌جایی متغیر..... ۵۵۶

فهرست جدول

- جدول ۱-۱. خواص مدول حجمی K_0 و m سیال (مقادیر مربوط به بر حسب kbar هستند). ۱۷
- جدول ۱-۲. خواص مواد معمول برای جنس مخازن هیدرولیکی (مدول الاستیسیته E بر حسب kbar می باشد). ۲۲
- جدول ۱-۳. مقادیر ضریب انبساط حجمی مایعات به کار رفته در سیستم‌های هیدرولیکی، بر حسب واحد ($^{\circ}K$ یا $^{\circ}C$) / 10^{-4} . ۲۹
- جدول ۱-۴. ضرایب انبساط حرارتی حجمی مواد به کار رفته در ساخت مخازن هیدرولیک. ۳۱
- جدول ۱-۵. مقادیر هدایت حرارتی k سیال پایه نفتی و آب، بر حسب $W/(m^{\circ}C) \cdot 10^{-3}$. ۳۳
- جدول ۱-۶. مقادیر حرارت ویژه CP سیال پایه نفتی و آب [بر حسب $kJ/(kg^{\circ}C)$]. ۳۵
- جدول ۱-۲. مقادیر نمونه برای ضریب افت سیستم‌های هیدرولیکی. ۹۱
- جدول ۱-۳. فرمول‌های انتخابی تبدیل لاپلاس. ۱۴۹
- جدول ۲-۳. تعدادی از تبدیل‌های z به همراه توابع متناظر زمان گسسته و تبدیل‌های لاپلاس آنها. ۱۹۸