

طراحی خودرو

جلد اول

سیستمهای انتقال قدرت

مؤلف: دکتر سید مسعود هاشمی

انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چاپ اول ۱۳۹۰

سرشناسه: هاشمی، سید مسعود، ۱۳۳۶-
 عنوان و نام پدیدآور: طراحی خودرو/ مولف: سید مسعود هاشمی.
 مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۰-
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۶۵-۰۹-۳ ج: ۱؛ ۱۰۵۰۰۰ ریال
 یادداشت: ج: سیستم‌های انتقال قدرت.-
 موضوع: اتومبیل‌ها- طرح و ساختمان
 رده بندی کنگره: ۱۳۹۰ ط ۴۵۲/ TL۲۴۰ رده بندی دیویی: ۶۲۹/۲۳ شماره کتابشناسی: ۲۴۸۱۲۸۲



انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجمع دانشگاهی علوم و فناوری هوادریا

عنوان کتاب: طراحی خودرو جلد اول سیستم‌های انتقال قدرت
 مولف: دکتر سید مسعود هاشمی
 ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
 طرح روی جلد: فریناز عسگری
 لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
 صفحه آرایي رایانه ای: لیلا فرزین
 ویراستار ادبی: فرزنام حقیقی
 شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
 نوبت چاپ: اول، تابستان ۹۰
 قیمت: ۱۰۵.۰۰۰ ریال

ISBN 978-600-5665-09-3

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۶۵-۰۹-۳

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
 آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مرکز فناوری اطلاعات و خدمات علمی تهران
 مدیریت انتشارات: تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

از آن جایی که ساختار آموزشی بسیاری از رشته‌های فنی در دانشگاه‌های داخل، ساختاری عمومی است، در زمینه خودرو تألیفاتی که بتواند نیاز آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها و صنایع داخل را برآورده کند صورت نگرفته است. منابعی که بعضاً وجود دارد برگرفته از متون بسیار قدیمی است و صرفاً به معرفی برخی از قطعات و مجموعه‌های خودرو می‌پردازند و از بار محاسباتی و طراحی برخوردار نیستند. به همین دلیل کتاب حاضر بر پایه منابع بسیار و بویژه منابع معتبر آلمانی به رشته تحریر درآمد. در این کتاب که به معرفی محاسبه بخشهای مختلف تجهیزات انتقال قدرت پرداخته می‌شود، ابتدا عملکرد قطعات تک‌تک هر مجموعه بررسی و سپس تنوع و کاربرد آنها معرفی می‌گردد و در انتها چگونگی محاسبه آنها انجام می‌گیرد.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید و مؤلفین گرانقدر آلمانی که از کتابهای آنها برای نوشتن این اثر استفاده شده است تشکر و سپاس‌گزاری کنم و امید است که این اثر بتواند ره توشه‌ای برای آنها به ارمغان داشته باشد.

از آقای دکتر سرانجام رئیس پردیس شهان که با حمایت‌های خود مقدمات چاپ این کتاب را فراهم آوردند کمال تشکر و امتنان را دارم. از سرکار خانم فکور، سرکار خانم غلامی و سرکار خانم فرزین که در حروف چینی و صفحه‌آرایی این کتاب نهایت سعی خود را مبذول داشتند، قدردانی می‌کنم. در پایان از ویراستار محترم آقای حقیقی که ویرایش ادبی این کتاب را به عهده گرفتند، سپاس‌گزاری می‌نمایم.

پاییز ۱۳۹۰

سید مسعود هاشمی

فهرست مطالب

۵	فهرست علائم
۱	فصل اول: نگاهی اجمالی به مسائل مختلف طراحی خودرو
۳	۱-۱ دسته بندی قسمتهای مختلف خودرو
۴	۲-۱ تاریخچه چرخ و وسیله نقلیه
۴	۳-۱ تاریخچه وسایل نقلیه موتوری و نیروی محرکه
۶	۴-۱ تعاریف و تقسیم بندیها در صنعت حمل و نقل وسایل نقلیه
۶	۱-۴-۱ تردد، عبور و مرور و یا حمل و نقل
۹	۲-۴-۱ وسیله نقلیه موتوری (خودرو)
۹	۳-۴-۱ وسایل نقلیه یدکی (یدک)
۹	۴-۴-۱ وسایل نقلیه رنجیرهای یا قطاری
۱۰	۵-۱ مزایا و معایب حمل و نقل با خودرو
۱۲	۶-۱ تولید و صادرات خودرو
۱۶	۷-۱ کیفیت خودرو، کارآمدی و مشکلات
۲۰	۸-۱ درخواستهای فنی
۲۰	۱-۸-۱ درخواستهای فنی خودرویی
۲۳	۲-۸-۱ درخواستهای فضایی
۲۵	۹-۱ معیارهای توسعه و طراحی
۲۶	۱-۹-۱ اقتصادی
۲۷	۲-۹-۱ ایمنی فعال
۳۲	۳-۹-۱ ایمنی غیرفعال (متفعل)
۳۴	۴-۹-۱ راحتی
۳۷	۵-۹-۱ سازگاری با محیط
۳۸	۶-۹-۱ طراحی
۳۹	۷-۹-۱ کیفیت
۳۹	۱۰-۱ خودآزمایی
۴۱	فصل دوم: انتقال قدرت و سبکهای رانش
۴۳	۱-۲ تجهیزات انتقال قدرت
۴۴	۲-۲ سبکهای رانش خودروها
۴۵	۱-۲-۲ محرکه عقب
۴۷	۲-۲-۲ محرکه جلو
۴۹	۳-۲-۲ محرکه تمام چرخ (تمام چرخ محرک)
۵۲	۴-۲-۲ مثالهایی از سبکهای رانش و چیدمانی آنها در خودروها
۵۷	۳-۲ خودآزمایی

۵۹	فصل سوم: کلاچ (مبدل تعداد دور)
۶۳	۱-۳ کلاچهای قطع و وصل پذیر با عامل بیرونی
۶۳	۱-۱-۳ کلاچ اصطکاکی خشک تک صفحه‌ای
۷۵	۲-۱-۳ کلاچ دو صفحه‌ای
۷۷	۳-۱-۳ کلاچ اصطکاکی چند صفحه‌ای
۷۸	۴-۱-۳ راه‌اندازی کلاچ
۸۳	۵-۱-۳ خلاصی کلاچ
۸۳	۲-۳ کلاچهای خودکار
۸۴	۱-۲-۳ کلاچ گریز از مرکز
۸۵	۲-۲-۳ کلاچ هیدرولیکی (کلاچ روغنی)
۸۶	۲-۲-۳ کلاچ مغناطیسی پودری
۸۷	۴-۲-۳ کلاچ الکترومغناطیسی
۹۱	۳-۳ محاسبه شاخصه مغناطیسی کلاچ الکترومغناطیسی
۹۲	۴-۳ محاسبه کلاچ اصطکاکی خشک تک صفحه‌ای
۹۳	۱-۴-۳ محاسبه نسبت تبدیل اهرم‌بندی کلاچ
۹۵	۲-۴-۳ محاسبه گشتاور موتور، گشتاور چرخ و گشتاور کلاچ
۹۷	۳-۴-۳ اصول سری‌سازی کلاچ
۹۸	۴-۴-۳ محاسبه ابعاد اصلی کلاچ عطف به گشتاور کلاچ
۹۹	۵-۴-۳ محاسبه تلفات گرمایی ناشی از کار انرشنی صفحات کلاچ
۱۰۴	۶-۴-۳ بررسی دینامیکی کلاچ اصطکاکی
۱۰۷	۵-۳ بررسی مرحله راه‌اندازی کلاچ
۱۰۷	۱-۵-۳ محاسبه گشتاور مورد نیاز جهت شتاب‌گیری جرم
۱۰۸	۲-۵-۳ محاسبه زمان مورد نیاز
۱۰۹	۳-۵-۳ محاسبه کار و توان در حین درگیری کلاچ
۱۱۲	۴-۵-۳ محاسبه کلاچ با لحاظ کردن دستگاه دو جرمی
۱۱۳	۶-۳ خودآزمایی
۱۱۷	فصل چهارم: جعبه‌دنده
۱۱۹	۱-۴ وظایف و دسته‌بندی جعبه‌دنده
۱۲۴	۲-۴ نسبت تبدیل گشتاور و دور در چرخنده‌ها
۱۲۴	۱-۲-۴ روابط حاکم بر نسبت تبدیل
۱۲۸	۲-۲-۴ عوامل مؤثر در انتخاب نسبتهای تبدیل جعبه‌دنده
۱۳۱	۳-۲-۴ ارتباط نسبت تبدیل با نیروی کششی
۱۳۲	۴-۲-۴ طراحی جعبه‌دنده
۱۴۴	۳-۴ جعبه‌دنده تعویض پذیر دستی
۱۴۶	۱-۳-۴ جعبه دنده معمولی با محور واسطه
۱۵۵	۲-۳-۴ هماهنگ‌سازی در جعبه‌دنده

۱۶۴	۳-۳-۴ جعبه‌دنده چند گروهی
۱۷۱	۴-۳-۴ ابزار راه‌اندازی تعویض‌دنده
۱۷۶	۴-۴ جعبه‌دنده‌های سیاره‌ای
۱۷۸	۱-۴-۴ نسبت‌های تبدیل ساختار سیاره‌ای
۱۸۱	۲-۴-۴ اتصال چرخ‌دنده‌های سیاره‌ای
۱۹۱	۳-۴-۴ تعویض‌دنده در جعبه‌دنده‌های سیاره‌ای
۱۹۲	۵-۴ جعبه‌دنده با نسبت تبدیل پیوسته تغییرپذیر
۱۹۲	۱-۵-۴ جعبه‌دنده مکانیکی با نسبت تبدیل پیوسته تغییرپذیر
۱۹۵	۲-۵-۴ مبدل هیدرودینامیکی
۲۰۳	۳-۵-۴ مبدل هیدرواستاتیکی
۲۰۷	۶-۴ جعبه‌دنده خودکار و نیمه خودکار (جعبه‌دنده اتوماتیک و نیمه اتوماتیک)
۲۰۷	۱-۶-۴ جعبه‌دنده تمام خودکار
۲۲۶	۲-۶-۴ جعبه‌دنده نیمه خودکار
۲۲۸	۳-۶-۴ خودکارسازی جعبه‌دنده‌های معمولی تعویض‌پذیر
۲۳۱	۷-۴ خودآزمایی
۲۳۵	فصل پنجم: دیفرانسیل و نسبت تبدیل محوری
۲۳۷	۱-۵ نسبت تبدیل یک مرحله‌ای دیفرانسیل
۲۳۹	۲-۵ نسبت تبدیل دو یا چند مرحله‌ای دیفرانسیل
۲۴۳	۳-۵ عملکرد دیفرانسیل
۲۴۸	۴-۵ تأثیر اصطکاک در دیفرانسیل
۲۴۹	۵-۵ قفل دیفرانسیل
۲۵۰	۱-۵-۵ قفل تعویض‌پذیر دیفرانسیل
۲۵۰	۲-۵-۵ قفل خودکار دیفرانسیل
۲۵۲	۳-۵-۵ قفل تمام خودکار دیفرانسیل (ASD، مرسدس بنز)
۲۵۳	۴-۵-۵ قفل دیفرانسیل با کلاچ چسبنده (کلاچ سیالی)
۲۵۵	۵-۵-۵ دیفرانسیل تورسن
۲۵۷	۶-۵-۵ کلاچ هایدکس
۲۵۷	۶-۵ خودآزمایی
۲۵۹	فصل ششم: جعبه تقسیم یا دیفرانسیل طولی
۲۶۴	۱-۶ جعبه تقسیم خودروهای سواری
۲۷۰	۲-۶ جعبه تقسیم خودروهای تجاری
۲۷۳	۱-۲-۶ جعبه تقسیم تک دنده‌ای (تک مرحله‌ای)
۲۷۵	۲-۲-۶ جعبه تقسیم دو دنده‌ای (دو مرحله‌ای)
۲۷۶	۳-۶ خودآزمایی
۲۷۷	فصل هفتم: میل‌کاردان، میل‌پلوس و اتصالیهای مفصلی
۲۷۹	۱-۷ میل‌کاردان

۲۸۲	۲-۷ دور بحرانی میل کاردان
۲۸۳	۳-۷ نایکتنواختی در چهارشاخه کاردان
۲۸۶	۴-۷ میل پلوس (میل محوری)
۲۸۷	۵-۷ اتصالات مفصلی
۲۸۸	۱-۵-۷ مفصل صلیبی یا چهارشاخه کاردان
۲۸۸	۲-۵-۷ مفصلهای هم سرعت (همگرد، همرو، هماهنگ)
۲۹۱	۶-۷ خودآزمایی
۲۹۳	فهرست منابع

فهرست علائم

علامت	واحد	توضیح
حروف لاتین		
A	m^2	سطح مقطع عرضی خودرو، سطح جانبی سیلندر
A_K	m^2	سطح مؤثر پیستون راه‌انداز هیدرولیکی کلاچ، سطح صفحه کلاچ
B	$Vs/m^2 \cong T$	القایش مغناطیسی (چگالی شار مغناطیسی)
B_{II}	N	نیروی ترمز محور عقب
$B_{H,id}$	N	نیروی آرمانی ترمز محور عقب
B_V	N	نیروی ترمز محور جلو
$B_{V,id}$	N	نیروی آرمانی ترمز محور جلو
c_w	۱	ضریب مقاومت هوا C_x (موقعی که T_I صفر است).
c_x	۱	ضریب مقاومت هوا
d	m	قطر چرخدنده، قطر داخلی لوله توخالی
D	m	قطر، قطر بیرونی لوله توخالی
D_P	m	قطر چرخ پمپ
e_m	۱	کشسانی گشتاور
e_n	۱	کشسانی دور
F_B	N	مقاومت شتاب‌گیری
F_{II}	N	نیروی وارد بر چرخدنده توخالی
F_K	N	نیروی وارد بر فنر کلاچ
F_{KB}	N	نیروی فشاری وارد بر پیستون راه‌انداز هیدرولیکی کلاچ
F_{KF}	N	نیروی گریز از مرکز وارد بر پیستون راه‌انداز هیدرولیکی کلاچ
F_L	N	نیروی مقاومت هوا
F_P	N	نیروی پا وارد بر پدال کلاچ
f_R	۱	ضریب مقاومت غلتشی
F_R	N	مقاومت غلتشی، نیروی برگردان فنر
F_S	N	نیروی وارد بر چرخدنده خورشیدی
F_{SP}	N	نیروی وارد بر ستاره‌بر
F_{SI}	N	مقاومت شیب
F_X	N	نیروی محیطی وارد بر چرخ یا محور
F_{XII}	N	نیروی محیطی وارد بر محور عقب
F_{XV}	N	نیروی محیطی وارد بر محور جلو

علامت	واحد	توضیح
F_z	N	بار عمودی محور
F_{zH}	N	بار عمودی محور عقب
F_{zV}	N	بار عمودی محور جلو
g	m/s^2	شتاب ثقل
G	N	وزن
$G_{محرک}$	N	وزن ایستایی وارد بر محور محرک
G_N	N	وزن مفید خودرو (سرنشینان + بار)
$G_{خالی}$	N	وزن خودرو خالی (وزن خودرو بارگیری نشده)
$G_{کل}$	N	وزن کل خودرو (وزن خودرو بارگیری شده)
h	m	ارتفاع مرکز ثقل
H	A/cm	میدان مغناطیسی
I	۱	بازه تبدیل یا جهش کل دنده‌های جعبه‌دنده
i	۱	نسبت تبدیل جعبه‌دنده، نسبت تبدیل جعبه‌دنده سیاره‌ای
i_C	۱	نسبت تبدیل کل کلاچ (در حد فاصل پدال و صفحه کلاچ)
i_C	۱	نسبت تبدیل گشتاور کلاچ هیدرودینامیکی
i_e	۱	نسبت تبدیل پایانی (نسبت تبدیل دیفرانسیل و توپی)
i_g	۱	نسبت تبدیل جعبه‌دنده، نسبت تبدیل کل در انتقال چند مرحله‌ای، نسبت تبدیل کل جعبه دنده چند گروهی
$i_{g,H}$	۱	نسبت تبدیل جعبه دنده اصلی
$i_{g,N}$	۱	نسبت تبدیل جعبه دنده پس‌وصل
$i_{g,V}$	۱	نسبت تبدیل جعبه دنده پس‌وصل
i_K	۱	نسبت تبدیل بین موتور و چرخهای محور محرک، نسبت تبدیل مبدل مشخصات (جعبه دنده + دیفرانسیل)
i_v	۱	نسبت تبدیل جعبه تقسیم
i_a	۱	نسبت تبدیل دیفرانسیل
i_z	۱	نسبت تبدیل بین چرخدنده توخالی و چرخدنده خورشیدی
J	$kg\ m^2$	گشتاور لختی
J_m	$kg\ m^2$	گشتاور لختی موتور
J_{Rj}	$kg\ m^2$	گشتاور لختی تمامی قطعات دوران کننده با چرخهای محور j
L	m	فاصله دو تکیه‌گاه میل‌کاردان
ℓ	m	فاصله محوری
ℓ_H	m	فاصله افقی مرکز ثقل تا محور عقب
ℓ_V	m	فاصله افقی مرکز ثقل تا محور جلو

علامت	واحد	توضیح
m	kg, m	جرم، مدول چرخنده
M	Nm	گشتاور
M_A	Nm	گشتاور محرک
M_{IH}	Nm	گشتاور وارد بر چرخنده توخالی
M_{hi}	Nm	گشتاور دستگاه کمکی i
M_j	Nm	گشتاور مورد نیاز برای شتاب دادن وزنه ژ به جرم m
M_K	Nm	گشتاور کلاچ
M_L	Nm	گشتاور ناشی از تلفات اصطکاکی، گشتاور لختی در کلاچ دو جرمی
M_m	Nm	گشتاور موتور
M_P	Nm	گشتاور پمپ مبدل هیدرودینامیکی
M_R	Nm	گشتاور چرخ، گشتاور چرخ راهنما در مبدل هیدرودینامیکی
M_{RH}, M_{RV}	Nm	گشتاور وارد بر محورهای جلو و عقب
M_S	Nm	گشتاور وارد بر چرخنده خورشیدی
M_{SP}	Nm	گشتاور وارد بر ستاره‌بر
M_T	Nm	گشتاور توربین مبدل هیدرودینامیکی
$M_{r,L}, M_{v,L}$	Nm	گشتاور ناشی از اصطکاک در پمپ و موتور هیدرولیکی
$M_{r,mn}, M_{v,mn}$	Nm	گشتاور پمپ و موتور هیدرولیکی با احتساب تلفات
$M_{r,th}, M_{v,th}$	Nm	گشتاور نظری پمپ و موتور هیدرولیکی
N	۱	تعداد صفحه کلاچ
n	۱	تعداد لایه‌های سیم‌پیچ
n	د. د. د. (min^{-1})	تعداد دور، دور
n_B	د. د. د.	دور بحرانی خمشی به صورت واقعی
$n_{B,Th}$	د. د. د.	دور بحرانی خمشی به صورت نظری
n_H	د. د. د.	دور چرخنده توخالی
n_m	د. د. د.	دور موتور
$n_{m,o}$	د. د. د.	دور محور خروجی موتور در موقع شروع درگیری کلاچ
n_P	د. د. د.	دور چرخ پمپ
n_R	د. د. د.	دور چرخ
n_S	د. د. د.	دور چرخنده خورشیدی
n_{SP}	د. د. د.	دور ستاره‌بر
n_T	د. د. د.	دور چرخ توربین
p	N/m^2 (pa), m	فشار جاده، گام چرخنده، شیب جاده و ضریب فزاینده جهش پلکانی دنده‌ها

علامت	واحد	توضیح
P	W	توان
$P_{z,A}$	W	منحنی توان موجود
$P_{z,B}$	W	منحنی توان مورد نیاز
$P_{z,u}$	W	توان مازاد
Q	۱	احتمال ناکارآمدی، احتمال خرابی، احتمال کارافتادگی
Q	J	تلفات گرمایی
$Q_i(t)$	۱	احتمال ناکارآمدی قطعه A_i در مدت زمان t
Q_N	J	گرمای مفید (کار مفید)
Q_R	J	تلفات گرمایی کلاچ
Q_z	J	کل گرمای ورودی
$Q_{1,L}, Q_{1,L}$	kg/s	دبی جرمی ناشی از نشتی در پمپ یا موتور هیدرولیکی
$Q_{1,mn}, Q_{1,mn}$	kg/s	دبی جرمی پمپ و موتور هیدرولیکی با احتساب تلفات
$Q_{r,th}, Q_{r,th}$	kg/s	دبی جرمی پمپ و موتور هیدرولیکی بدون در نظرگیری تلفات
R	۱	کارآمدی، حصول اطمینان
R	m	شعاع دینامیکی چرخ، شعاع متغیر (صفحه کلاچ، سیلندر راهانداز هیدرولیکی کلاچ)
r	m	شعاع، شعاع ایستایی چرخ، شعاع متغیر محفظه راهانداز هیدرولیکی کلاچ
r_H	m	شعاع چرخدنده توخالی (چرخدنده دندانه خالی)
$R_i(t)$	۱	کارآمدی قطعه A_i در مدت زمان t
R_m	m	شعاع متوسط صفحه کلاچ
r_p	m	شعاع چرخدنده ستاره‌ای
r_s	m	شعاع چرخدنده خورشیدی
S	۱	لغزش در مبدل هیدرودینامیکی، شاخص قفل‌شدگی در دیفرانسیل
s	m	فاصله عرضی چرخهای یک محور
s_K	m	طول جابه‌جایی صفحه فشار کلاچ (دیسک کلاچ، صفحه فشار)
s_p	m	طول جابه‌جایی پدال کلاچ
t	s	زمان
u	m/s	سرعت محیطی چرخ
U	۱	نایکنواختی
v	m/s	سرعت
$\dot{V}$	m^3/s	دبی حجمی پمپ یا موتور هیدرولیکی
v_H	m/s	سرعت چرخدنده توخالی
v_r	m/s	برآیند سرعت حرکت و سرعت باد
v_s	m/s	سرعت چرخدنده خورشیدی
v_{SP}	m/s	سرعت ستاره‌بر

علامت	واحد	توضیح
W	۱	تعداد کل حلقه‌های سیم‌پیچ
$\ddot{x}$	m/s^2	شتاب طولی خودرو
Z	۱	ترمز گرفتگی $\left(-\frac{\ddot{x}}{g}\right)$
Z	۱	تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ
Z	۱	تعداد دندان‌ه چرخنده
Z	۱	مضرب ۲ از تعداد صفحه کلاچ ($Z = 2N$)
Z	m	مختصات عمودی
Z	N	نیروی کششی خودرو
Z_H	۱	تعداد دندان‌ه چرخنده توخالی
Z_S	۱	تعداد دندان‌ه چرخنده خورشیدی
حروف یونانی		
α	رادیان، درجه	زاویه نصب جاده
β	رادیان، درجه	زاویه خمشی میل کاردان دو تکه
η_{hm}	۱	بازده هیدرولیکی - مکانیکی
η_k	۱	بازده تبدیل مشخصات
η_t	۱	بازده کل
η_v	۱	بازده حجمی
θ	A	شدت جریان کل
λ	۱	ضریب لختی جرم‌های چرخشگر
μ	۱	بار اصطکاکی جاده
μ_v, μ_H	۱	بار اصطکاکی محور عقب، بار اصطکاکی محور جلو
μ_h	۱	ضریب اصطکاک چسبشی جاده (ضریب اصطکاک ایستایی جاده)
μ_g	۱	ضریب اصطکاک لغزشی کلاچ، ضریب اصطکاک لغزشی یا دینامیکی جاده
ν	(s^{-1}) Hz	بسامد طبیعی زاویه‌ای
ρ	kg/m^3	چگالی روغن - چگالی هوا
ρ	m	شعاع انحناء پیچ
τ	۱	ضریب کشندگی خودرو
τ_L	درجه، رادیان	زاویه بین محور طولی خودرو و سرعت برآیند v_r
$\dot{\phi}_o$	rad/s	سرعت زاویه‌ای محور خروجی کلاچ
$\dot{\phi}_{m,o}$	rad/s	سرعت زاویه‌ای محور خروجی موتور
$\dot{\phi}_{rel}$	rad/s	سرعت زاویه‌ای نسبی بین محورهای ورودی و خروجی کلاچ
$\dot{\phi}_i$	rad/s	سرعت زاویه‌ای ورودی کلاچ

علامت	واحد	توضیح
$\phi_{i,b}$	rad/s	سرعت زاویه‌ای ورودی کلاچ در شروع درگیری
φ	رادیان، درجه	طول زاویه‌ای
φ	۱	جهش پلکانی دنده‌ها
ω_s	rad/s	سرعت زاویه‌ای یکنواخت، سرعت زاویه چرخنده خورشیدی
ω	rad/s	سرعت زاویه‌ای
ω_H	rad/s	سرعت زاویه‌ای چرخنده توخالی
ω_p	rad/s	سرعت زاویه‌ای چرخ پمپ
ω_{SP}	rad/s	سرعت زاویه‌ای ستاره‌بر
زیرنویسها		
H		عقب
i		ورودی
id		آرمانی
K		کلاچ
m		موتور متوسط
max		بیشترین مقدار
min		کمترین مقدار
o		خروجی
p		پمپ
R		چرخ
rel		نسبی
stat		ایستایی
t		توربین
V		جلو