بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که همه‌ی ام به وجود ایشان است...

به ذره گر نظر لطف رو تراب کند به آسمان رود و کار آفتاب کند

خدای را به ی ستا کرم که این قدچه نیرا همه‌ی عطا کرد تا

در این وادی پر فراز و نشیب قدم بردارد.....

چکیده

هدف از طراحی سیستم های کنترل دینامیکی خودرو بهبود پایداری خودرو در مانورهای بحرانی می باشد. سیستم ESP از جمله سیستم های کنترل دینامیکی خودرو است که با ترمز گیری بر روی چرخ های مختلف خودرو را در مسیر مطلوب قرار می دهد و از ناپایدار شدن خودرو در مانور های بحرانی جلو گیری می کند. رویکرد پروژه ی حاضر برای طراحی کنترلر ESP ، کنترل حرکت چرخشی خودرو می باشد. به طوری که کنترلر فیدبک خروجی در ابتدا میزان گشتاور مورد نیاز برای هدایت خودرو به مسیر مطلوب را محاسبه می کند و در مرحله ی بعد کنترلر مود لغزشی ، لغزش چرخ ها را به منظور ایجاد گشتاور محاسبه شده در مرحله ی قبل تنظیم می کند. برای طراحی کنترلر گشتاور چرخشی از مدل دو درجه آزادی خطی و برای طراحی کنترلر لغزش چرخ ها ار یک مدل 8 درجه آزادی با مدل تایر فیالا استفاده شده است.

به منظور صحه گذاری کنترلر های طراحی شده و اطمینان از قابلیت کارکرد آن در شرایط زمان واقعی ، کنترلر طراحی شده بر روی شبیه ساز رانندگی آساران پیاده سازی شده و شرایط خودرو در چندین مانور استاندارد در شرایط متفاوت جاده ای بررسی شده است. و ورودی راننده در شرایط فعال و غیر فعال مقایسه شده است. نتایج آزمایشات نشان می دهد کنترلر طراحی شده به میزان قابل ملاحظه ای سبب بهبود دینامیک عرضی خودرو شده و در مانور های بحرانی از ناپایداری خودرو جلوگیری میکند.

فهرست مطالب

فصل 1 : پیش گفتار 1

1 – 1 : مقدمه 2

1 – 2 : انواع سیستم های ایمنی در خودرو 2

1 – 2 – 1 : سیستم ایمنی ABS 3

1 – 2 – 2 : سیستم ایمنیTCS 3

1 – 2 – 3 :سیستم ایمنی 4WS 4

1 – 2 – 4 : سیستم ایمنی تعلیق فعال 4

1 – 2- 5 : سیستم ایمنی کنترل غلت خودرو RSC 4

1 – 2 – 6 سیستم ایمنی ESP 5

1 – 3 : تاریخچه ی طراحی و استفاده ی ESP در خودرو های سواری 5

1 – 4 : اجزای به کار رفته در سیستم هابی ESP 7

1 – 4 – 1 : ماژول هیدرولیک به همراه واحد کنترلی : 7

1-4-2 : سنسور سرعت دوران چرخ ها 8

1- 4 – 2 – 1 : سنسور های فعال با انکودر 9

1- 4 – 3 : سنسورهای تشخیص زاویه ی فرمان 11

1 – 4 – 4 : سنسور حرکت چرخشی و شتاب ها 11

1 – 5 : شرکت های تولید کننده و بازار جهانی ESP 12

1 – 6 : فعالیت های دانشگاهی انجام شده در زمینه ی ESP در سال های اخیر 14

1 – 7 رویکرد پروژۀ حاضر : 20

فصل دوم : مدل سازی دینامیکی خودرو و تایر 21

2- 1 : مقدمه 22

2 – 2 : مدل دوچرخه.....23
2-3 مدل 8 درجه آزادی : 26
2 – 4 : مدل تایر 30
2 – 4 – 1 : دینامیک تایر 30
2 – 4 – 1 – 1 : دینامیک طولی 31
2 – 4 – 1 – 2: دینامیک عرضی 34
2 – 4 – 1 – 3 : گشتاور باز گردانندهٔ چرخ 35
2 – 4 – 2 : مدل تایر فیالا 36
2 – 5 بررسی پاسخ سیستم در برابر ورودی فرمان : 41
فصل سوم : طراحی کنترلرها 43
3-1: مقدمه.....44
3-2 : کنترلر فیدبک گشتاور چرخشی 44
3-2-1 : معرفی کنترلر.....44
3-2-2 : طراحی کنترلر.....45
3-2-3 : مقادیر مطلوب برای متغیرهای کنترلی 47
3-2-4 : بررسی کارکرد کنترلر گشتاور چرخشی:.....48
3 – 3 کنترلر لغزش چرخ :.....52
3-3-1 - 2 : نحوه ی تنظیم ضرایب کنترلر PID.....59
3 – 3 – 1 – 3 : طراحی کنترلر :.....60
3 – 3 – 1 – 3 بررسی عملکرد کنترلرPID : 61
3–3 – 2 کنترلر مود لغزشی : 65
3–3–2 – 1 معرفی کنترلر : 65

3-3-2-2 طراحی کنترلر :.....73
3 – 3 – 2 – 3 بررسی عملکرد کنترلر مود لغزشی : 75
فصل چهار: شبیه سازی در محیط واقعیت مجازی 81
4-1 : مقدمه.....82
4 – 2 : معرفی شبیه ساز آساران 83
4 – 2 – 1: معرفی مشخصات شبیه ساز 83
4-2-2 : معرفی اجزای مهم و زیر سیستم های آساران 85
4-2- 2- 1 : سکوی متحرک.....85
4-2- 2- 4 : ادوات فرمان (ورودی های مکانیکی سیستم) 88
4-2- 2- 5 : غربیلک فرمان.....89
4-2- 2- 6 : مدار ایمنی اضطراری 90
4-2- 2- 7 : نرم افزار راهبر 90
4-3: معرفی مانورها 91
4– 4 : بررسی نتایج آزمایشات 92
4 – 4 – 1 : تست های هدف محور : 92
4 – 4 – 2 تست های راننده محور : 105
فصل پنجم : نتیجه گیری 108
پیوست 1 111
پیوست 2 113
پیوست 3 114
منابع.....115

فهرست اشکال و نمودار ها

شکل1-1:خودروی Mercedes-BenzW140 اولین خودروی مجهز به ESP.....6

شکل0-2:خودروی DiamanteSigma اولین خودروی شرکت میتسوبیشی مجهز به TCL 6

شکل1-3:ماژول هیدرولیک و سیستم کنترل.....7

شکل0-4:سنسور سرعت دوران چرخ ها.....8

شکل0-5:سنسور فعال با انکودر.....9

شکل0-6:سنسورغیرفعال با چرخ دنده.....10

شکل1-7:سنسور تشخیص زاویهٔ فرمان.....11

شکل0-8:سنسور حرکت چرخشی و شتابها.....12

جدول 1- 1 : نام های تجاری مختلف ESP.....13

جدول 1-2 : روند رو به رشد خودرو های مجهز به ESP 14

شکل2–1:نمای گرافیکی از هندسهٔ مدل دو درجه آزادی (دوچرخه).....24

شکل2-2:نمای گرافیکی از مدل 8درجه آزادی.....26

شکل2-3:نمودار دینامیک چرخ.....29

شکل2-4:دیاگرام نیروها و گشتاورهای وارد بر تایر (SAE).....30

شکل2-5:رابطه ی بین نیروهای طولی و لغزش طولی در حالت کلی.....32

جدول 2 – 1 : متوسط اصطکاک جاده.....33

شکل2-6:نمایش نیروی عرضی و زاویهٔ لغزش تایر.....34

شکل2-7:سمت راست رابطه ی نیروهای عرضی با زاویهٔ لغزش در حالت کلی، سمت چپ رابطهٔ نیروهای عرضی با نیروی عمودی..... 35

شکل2-8:ورودی و خروجی ها ی مدل تایر فیالا.....36

جدول 2- 2 :مشخصات تایر استفاده شده در ADAMS.....37

جدول 2 – 3 : اطلاعات مورد نیاز در مدل تایر که از سینماتیک ADAMS بدست می آیند.....38

شکل2–9:ورودی فرمان.....40

شکل2– 10:نرخ چرخش.....41

شکل2-11:زاویهٔ لغزش جانبی.....41

شکل2-12:شتاب طولی.....41

شکل2-13:شتاب عرضی.....42

شکل2-14:زاویهٔ غلت خودرو.....42

شکل3-1:شمای کلی مدار حلقه بسته سیستم کنترل فید بک خروجی.....45

شکل3-2:سیستم دودرجه آزادی مجهز به کنترلر فیدبک.....47

شکل3-3:ورودی فرمان برای مانور تغییر مسیر.....49

شکل3-4:نرخ چرخش و زاویهٔ لغزش جانبی در مانور تغییر مسیر برای بررسی کنترلر گشتاور چرخشی.....49

شکل3-5:گشتاور اصلاحی محاسبه شده در کنترلر گشتاور پیچشی.....50

شکل3-6:ورودی فرمان برای مانور تغییر مسیر.....50

شکل3–7:نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در مانور پیچیدن برای بررسی کنترلر گشتاور چرخشی.....51

شکل3-8: گشتاور اصلاحی محاسبه شده در کنترلر گشتاور پیچشی در مانور پیچیدن.....51

شکل3-9:نرخ چرخش مثبت است و از مقدار مطلوب کمتر است.....53

شکل3-10:نرخ چرخش مثبت است و از مقدار مطلوب بیشتر است.....54

شکل3-11:نرخ چرخش مثبت است و از مقدار مطلوب بیشتر است.....55

شکل3–12:نرخ چرخش منفی است و از مقدار مطلوب بیشتر است.....56

شکل3-13:نحوهٔتغییرات پاسخ سیستم در اثر تغییر ضریب تناسبی.....58

شکل3-14:نحوه ی تغییر ات در پاسخ سیستم در اثر تغییر ضریب انتگرالگیر.....58

شکل3-15:نحوه ی تغییرات پاسخ سیستم در اثر تغییر ضریب مشتق گیر.....59

جدول 3-1 : ضرایب کنترلی پیشنهاد شده در روش زیگلر و نیکولز.....60

شکل3-16:نمایش شماتیک نحوه ی ارتباط کنترلر PID با سیستم.....61

شکل3–17:نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در مانور تغییر مسیر برای بررسی کنترلرPID 62

شکل3-18:گشتاور ترمزی چرخ ها به عنوان ورودی کنترلر PID برای چرخ ها ی عقب و جلو در مانور تغییر مسیر.....63

شکل3-19::نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در مانور پیچیدن برای بررسی کنترلر PID.....64

شکل3-20:گشتاور ترمزی چرخ ها به عنوان ورودی کنترلر PID برای چرخ ها ی عقب و جلو در مانور پیچیدن.....65

شکل3-21:شرط لغزش.....69

شکل3-22:نمایش گرافیکی روابط (3-14) و (3-15).....70

شکل3-23:لرزش منتجه از نیروی کنترلی ناقص.....71

شکل3-24:نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در مانور تغییر مسیر برای بررسی کنترلر مود لغزشی.....75

شکل3-25:گشتاور ترمزی چرخ ها به عنوان ورودی کنترلر مود لغزشی برای چرخ ها ی عقب و جلو در مانور تغییر مسیر.....76

شکل3-26:اختلاف لغزش هر یک از چرخ ها ی خودرو با میزان مطلوب (سطح لغزش).....77

شکل3-27:اختلاف حداکثر میزان لغزش در ناحیه ی خطی و لغزش چرخ ها.....78

شکل3-28::نرخ چرخش و زاویهٔ لغزش جانبی در مانور پیچیدن برای بررسی کنترلر مود لغزشی.....79

شکل3-29:گشتاور ترمزی چرخ ها به عنوان ورودی کنترلر مود لغزشی برای چرخ ها ی عقب و جلو در پیچیدن.....80

شکل4-1:درجات آزادی شبیه ساز آساران.....85

جدول 4-1 : مشخصات سکوی شبیه ساز.....86

شکل4-2:نمایی از مانور تغییر مسیر در محیط مجازی.....91

شکل4-3:نمایی از مانور اسلالوم در محیط مجازی.....92

شکل4-4:نمودار نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در دو حالت فعال و غیرفعال در مانور تغییر مسیر (جاده خشک).....94

شکل4-5:نمایش مسیر حرکت طی شده در جاده ی مانور تغییر مسیر در دو حالت فعال و غیرفعال (جاده خشک).....95

شکل4-6:شتاب ها ی طولی و عرضی خودرو در هنگام مانور تغییر مسیر (جاده خشک).....95

شکل4-7:ورودی راننده برای هدایت خودرو در مانور تغییر مسیر (جاده خشک).....96

شکل4-8:نمودار نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در دو حالت فعال و غیرفعال در مانور تغییر مسیر (جاده لغزنده).....97

شکل4-9:نمایش مسیر حرکت طی شده در جاده ی مانور تغییر مسیر در دو حالت فعال و غیرفعال (جاده لغزنده).....98

شکل4-10:شتاب ها ی طولی و عرضی خودرو در هنگام مانور تغییر مسیر (جاده لغزنده).....98

شکل4-11:ورودی راننده برای هدایت خودرو در مانور تغییر مسیر (جاده لغزنده).....99

شکل4-12:نمودار نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در دو حالت فعال و غیرفعال در مانور مارپیچ (جاده خشک).....100

شکل4-13:نمایش مسیر حرکت طی شده در جاده ی مانور مارپیچ در دو حالت فعال و غیرفعال (جاده خشک).....101

شکل4-14:شتاب ها ی طولی و عرضی خودرو در هنگام مانور مارپیچ (جاده خشک).....101

شکل4-15:ورودی راننده برای هدایت خودرو در مارپیچ مسیر (جاده خشک).....102

شکل4-16:نمودار نرخ چرخش و زاویه ی لغزش جانبی در دو حالت فعال و غیرفعال در مانور مارپیچ (جاده لغزنده).....103

شکل4-17:نمایش مسیر حرکت طی شده در جاده ی مانور مارپیچ در دو حالت فعال و غیرفعال (جاده لغزنده).....104

شکل4-18:شتاب ها ی طولی و عرضی خودرو در هنگام مانور مارپیچ (جاده لغزنده).....104

شکل4-19:ورودی راننده برای هدایت خودرو در مسیر مارپیچ (جاده لغزنده).....105

شکل 4 - 20 : امتیازات کاربران به تست های راننده محور.....107

فصل 1 : پیش گفتار

1 – 1 : مقدمه

تصادفات جاده ای در دنیای امروز یکی از مهم ترین عوامل مرگ و میر غیرطبیعی به شمار می روند. این تصادفات عموماً ناشی از عدم توجه رانندگان به شرایط مطلوب رانندگی می باشد و به طور کلی طبق آمارگیری انجام شده در تصادفات کشور ایران ، در 70% تصادفات ، عامل اصلی اشتباه رانندگان بوده است.[32]

در مطالعه ای که روی 17000 تصادف انجام شده است مشخص شده 20 تا 25 درصد از تصادفات خودرو ناشی از چرخیدن به دور خود بوده است.[31]

نکته مهم این است که در هنگام رانندگی در شرایط نرمال ، خودرو رفتاری نسبتاً خطی از خود نشان می دهد. به عبارت دیگر رابطه بین ورودی فرمان و کمیت های حرکتی خودرو تقریباً خطی است. از این رو رفتار خودرو برای رانندگان کاملاً قابل پیش بینی است اما در شرایط بحرانی که خودرو لغزش قابل توجهی دارد و شتاب های جانبی بالا مانوردهی خودرو را تا نزدیک ظرفیت اصطکاکی جاده و تایر ها رسانده اند ، رفتار دینامیکی خودرو به دلیل رفتار غیرخطی تایر ها وارد ناحیه غیرخطی می شود. دراین محدوده حرکات خودرو نسبت به ورودی فرمان کاملاً غیر خطی و غیرقابل پیش بینی است از این رو عکس العمل های راننده معمولی نسبت به این حرکات مناسب نبوده و نمی تواند باعث پایداری خودرو شود.[32]

از این رو در دهه های گذشته با توجه به پیشرفت خودرو ها و توانایی دست یابی به سرعت های بالاتر، سیستم های ایمنی بیش از پیش مورد توجه خودروسازان قرار گرفته است.

1 – 2 : انواع سیستم های ایمنی در خودرو

اصولاً سیستم های ایمنی به دو دسته ی سیستم های ایمنی فعال و سیستم های ایمنی غیر فعال تقسیم می شوند[30] :

سیستم های ایمنی غیر فعال به سیستم هایی گفته می شود که از پیش در نظر گرفته شده اند و خاصیت پیش گیری دارند بنابراین نیازی به اپراتور ندارند. مانند کمربند ایمنی و یا شیشه مقاوم در برابر خرد شدن ، جایگذاری مناسب مخزن سوخت، طراحی مقاوم بدنه و ستون ها و...

سیستم های ایمنی فعال به سیستم هایی گفته می شود که در پاسخ به حوادث و خطرها فعال میشوند. این نوع سیستم ها می توانند به وسیله یک اپراتور انسانی ، یک کامپیوتر و یا حتی یک سیستم مکانیکی فعال شوند. یکی از مصادیق سیستم های ایمنی فعال در خودرو سیستم های کنترل دینامیکی می باشد.

تحقیقات نشان میدهد که سیستم های کنترلی دینامیکی خودرو از 1/3 تصادفات مرگبار جلوگیری می کنندو در حدود 80% خطر واژگون شدن را کاهش می دهند.[31]

سیستم کنترل دینامیکی خودرو همواره در محدوده ظرفیت فیزیکی و حرکتی خودرو به طور خودکار تعادل خودرو را تنظیم میکند اما در صورت رسیدن به مرز ظرفیت های فیزیکی و حرکتی خودرو یعنی زمانیکه با توجه به شرایط پیش آمده برای خودرو سیستم کنترل دینامیکی نتواند پایداری خودرو را حفظ کند از طریق لامپ های چشمک زن هشداردهنده به راننده هشدار می دهد که سیستم کنترل دینامیکی خودرو غیر فعال شده است و یا قادر به حفظ تعادل خودرو نمی باشد.

در ادامه ی این فصل توضیح مختصری در رابطه با برخی از مهم ترین سیستم های کنترل دینامیکی آورده شده است :

1 – 2 – 1 : سیستم ایمنی ABS [1]

سیستم ترمز ضد قفل (ABS) اولین نمونه از سیستم های ایمنی فعال است که در اواخر دهۀ هفتاد میلادی در خودروهای لوکس آن زمان به کار گرفته شد. در سال 1978 شرکت آلمانی بوش ، اولین سیستم ترمز ضد قفل مدرن را برای مرسدس بنز توسعه داد. سیستم مذکور در هنگام ترمزگیری ، با تنظیم لغزش چرخ ها ، ضمن کاهش طول مسیر توقف ، بر فرمان پذیری و پایداری خودرو نیز اثر مطلوب می گذارد. هم اینک عملکرد این سیستم به نحو چشم گیری بهبود پیدا کرده است. [32]

1 – 2 – 2 : سیستم ایمنی TCS[2]

سیستم کنترل رانش (TCS) ، نمونه دیگری از سیستم های ایمنی فعال می باشد که از سال 1986 تجاری گردیده است. سیستم فوق اهداف سیستم ترمز ضد قفل را در هنگام شتاب گیری خودرو برآورده

1 - Anti- lock Braking System
2 - Traction Control System

می سازد. به طوری که گشتاور رانشی وارد به چرخ ها به نوعی تنظیم می شود که لغزش طولی ناشی از آن در محدوده ی مشخصی (عمدتاً ناحیه ی خطی لغزش) قرار گیرد.

1 – 2 – 3 :سیستم ایمنی 4WS [1]

سیستم چهار چرخ فرمان (4WS) ، جزء آن دسته از سیستم های ایمنی فعالی است که دینامیک جانبی خودرو را تحت تأثیر قرار می دهد. دراین سیستم ، با تغییر زاویه فرمان چرخ های جلو و عقب خودرو ، حرکت دینامیکی خودرو بر اساس حرکت مطلوب آن اصلاح می شود. مزیت اصلی این سیستم این است که موجب تغییر سرعت خودرو نمی شود و لذا در هنگام فعال شدن ، احساس ناخوشایندی را به راننده منتقل نمی کند. ولی مشکل عمده آن ، این است که تنها در ناحیه خطی تایر می تواند بر اصلاح دینامیک حرکتی خودرو مؤثر باشد و با اشباع نیروهای جانبی چرخ ها ، نقش مؤثری در کنترل حرکت خودرو ایفا نمی نماید. با توجه به این که در جاده های لغزنده ، نیروی جانبی چرخ ها به سرعت اشباع می شود ، بکارگیری سیستم مذکور به صورت منفرد ، از نقطه نظر کاربردی ، منطقی به نظر نمیرسد.[32]

از دیگر معایب این سیستم ها وابستگی کامل آن ها به نیروهای عرضی تایر است که نسبت مستقیم با زاویه فرمان دارند و به خاطر ویژگی های غیر خطی تایر ، فقط در محدوده کوچکی از شتاب های عرضی قابل استفاده هستند. [11]

1 – 2 – 4 : سیستم ایمنی تعلیق فعال [2]

سیستم تعلیق فعال نیز از جمله سیستم های ایمنی فعال است که در هنگام حرکت خودرو ، دو هدف عمده ، یعنی بهبود سواری و کنترل چرخش خودرو را پیگیری می نماید. بهبود سواری در واقع فراهم نمودن آسایش سرنشین در مقابل ارتعاشات ناشی از ناهمواریها است.

1 – 2- 5 : سیستم ایمنی کنترل غلت خودرو RSC [3]

کنترل غلت خودرو نیز شامل محدود کردن زاویه غلت خودرو در هنگام دور زدن با شتاب جانبی بالا و پیشگیری از چپ شدن خودرو می باشد. با استفاده از اجزای فعالی که در سیستم تعلیق ایجاد نیرو می کنند ، دست یابی به اهداف مذکور امکان پذیر است. [29]

1 - 4 wheel steering
2 - Active suspension
3 - Roll Stability Control

1 – 2 – 6 سیستم ایمنی ESP [1]

یکی از مهم ترین سیستم های کنترل دینامیکی خودرو ، سیستم ESP می باشد.

سیستم ESP ایمنی خودرو را از طریق کنترل نرخ چرخش و یا تشخیص و کمینه نمودن لغزش جانبی خودرو بهبود می بخشد. به طوری که با تشخیص نقصان کنترل فرمان دهی خودرو وارد عمل شده و از طریق ترمز گیری بر روی چرخ ها ، خودرو را به مسیر دلخواه هدایت می کند. [1]

این سیستم با اندازه گیری زاویه ی فرمان ، نرخ چرخش و همچنین سرعت طولی هر یک از چرخ ها مسیر واقعی خودرو را محاسبه نموده و با مسیر دلخواه راننده- که با توجه به زاویه ی فرمان ، سرعت طولی و ظرفیت اصطکاکی جاده بدست می آید- مقایسه می کند و هر زمان که اختلافی وجود داشته باشد با ترمز گیری روی چرخ ها و ایجاد گشتاور ، اختلاف را جبران می کند. [2]

در واقع وظیفه ی اصلی این سیستم بهبود پایداری خودرو درهنگام دور زدن و یا مانور های مختلف می باشد.ESP در تمامی سطوح جاده کارایی دارد و خیلی سریعتر و کارآمد تر از راننده می تواند عمل کند.

مزیت های سیستم های ESP نسبت به سایر سیستم های کنترل دینامیکی به شرح زیر است : [3]

1- امکان تبدیل آسان سیستم ترمز ضد قفل به سیستم کنترل دینامیکی

2 - عملکرد بهتر حین ترمزگیری در پیچ ها و بر روی جاده های لغزنده نسبت به سیستم ترمز ABS

3 - توانایی کنترل حرکت خودرو در ناحیه ی غیر خطی تایر

1 – 3 : تاریخچه ی طراحی و استفاده ی ESP در خودرو های سواری

شرکت بوش[2] در سالهای 1987 تا 1992 برای اولین بار سیستم ESP را برای کمپانی مرسدس بنز طراحی کرد و برای اولین بار در سال 1995 در مدل w140-s-class (شکل 1) ارائه شد.[32]

1 - Electronic Stability program
2 - bosch

شکل 1-1 خودروی Mercedes-Benz W140 اولین خودروی مجهز به ESP

در سال 1990 شرکت میتسوبیشی خودروی diamante (شکل2) را در ژاپن عرضه کرد این خودرو برای اولین بار به نوعی سیستم کنترلی نیروی رانشی و مسیر حرکت یکپارچه مجهز بود که Tcl نامیده شد.که بعد ها جزئی از سیستم مدرن ASTC[1] شد که در خودرو های میتسوبیشی استفاده می شود.

این سیستم برای کمک کردن به راننده در جهت ماندن در مسیر دلخواه طراحی شد. عملکرد Tcl به گونه ای بود که اگر راننده در سرپیچ گاز بیش از اندازه می داد ، خروجی موتور و ترمز ها به طور خودکار کنترل می شدند به طوری که اطمینان حاصل شود خودرو درمسیر باقی می ماند.

همواره یک کامپیوتر مرکزی تعدادی از پارامترهای خودرو را به وسیله ی چند سنسور چک می کرد (زاویه ای فرمان – موقعیت گاز – سرعت دورانی هر چرخ) و به وسیله آن خودرو را کنترل می کرد. در این سیستم کنترل بر خلاف سیستم های کنترلی امروزی نرخ چرخش داده برداری و کنترل نمی شد.[6]

شکل 1 – 2 خودروی Diamante Sigma اولین خودروی شرکت میتسوبیشی مجهز به TCL

در سال 1992 کمپانی BMW به همراه Bosch و ITT automotive (که اکنون بخشی از continental است) سیستمی برای کاهش گشتاور موتور طراحی کرد به طوری که مانع از دست دادن کنترل خودرو می شد.این سیستم به تمام خودرو های BMW سال 92 اضافه شد.

1 - Active Skid and Traction Control

کمپانی GM به کمک Delphi Corporation یک مدل از ESC را به نام Stabilitrrak درسال 1997 برای خودروی Cadilac معرفی نمود.

شرکت فورد ESC را بانام AdvanceTrac در سال 2000 معرفی نمود که بعدها کنترل پایداری غلت را به AdvanceTrac اضافه نمود که برای اولین بار در خودروی VOLVOXC90 د ر سال 2003 مطرح شد. در آن زمان VOLVO کاملاً متعلق به شرکت فورد بود.[9]

1 – 4 : اجزای به کار رفته در سیستم های ESP

1 – 4 – 1 : ماژول هیدرولیک به همراه واحد کنترلی :

ماژول هیدرولیک فرمان های صادره از واحد کنترل را اجرا می کند و از طریق شیرهای سولونوئیدی هیدرولیکی , مدار هیدرولیک را تنظیم نموده و فشار روغن را در ترمز چرخ ها تنظیم می نماید.

این ماژول در محفظه موتور قرار گرفته است.

واحد کنترل نیز وظیفه فرمان دهی به کل سیستم را دارد. شکل (1 – 3) ماژول هیرولیک و واحد کنترل را نشان می دهد.

شکل 1 – 3 ماژول هیدرولیک و سیستم کنترل[4]

2-4-1 : سنسور سرعت دوران چرخ ها[1]

واحد کنترل از سیگنال خروجی سنسورهای سرعت ، سرعت چرخ ها را محاسبه می کند.

شکل(1 – 4) سنسور سرعت دوران چرخ ها را نشان می دهد :

شکل 1 – 4 سنسور سرعت دوران چرخ ها[5]

حداقل سرعتی که سنسورها در آن قادر به جمع آوری اطلاعات بودند در گذشته $7\frac{km}{h}$ بود که برای سیستم های ABS کفایت می کرد. اما با پیشرفت سیستم های کنترل خودرو مانند TCS و ESP ،

امروزه نیازمند عملکرد این سنسورها در سرعت های پایین تر هستیم. [5]

به طور کلی دو نوع سنسور سرعت دوران چرخ در این سیستم ها به کار می رود.

1 – سنسور های فعال با انکودر[2]

2 – سنسور های غیر فعال با چرخ دنده [3]

هر دوی این سیستم ها سرعت چرخ را بدون تماس (از طریق میدان مغناطیسی) محاسبه می کنند.

1 - Wheel Speed Sensor
2 - active sensor with encoder wheel
3 - passive sensor with sensor gear