



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-013

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

مقدمه ای بر کوپلینگ ها و انتخاب آن ها

انواع کوپلینگ ها

۱- کوپلینگ های تماس مکانیکی^{۵۷}:

کوپلینگ هایی هستند که جهت انتقال گشتاور به صورت تماس مستقیم بین دو قطعه ی مجاور ، تصحیح نا هم محوری و اجتناب از حرکت نسبی محوری دو قطعه در اثر تکان یا لغزش، طراحی می شوند. قطعات مجاور از جنس فلزی یا از جنس غیر فلزی خود روغن کاری شونده ساخته می شوند.

۱-۱- کوپلینگ های دنده ای^{۵۸}:

نوعی از کوپلینگ های تماس مکانیکی هستند که جهت انتقال گشتاور ، تصحیح نا هم محوری و اجتناب از حرکت نسبی محوری بخش های داخلی و خارجی پروفیل های دنده ای در اثر تکان یا لغزش ، طراحی می شوند.

۲- کوپلینگ های انعطاف پذیر فلزی^{۵۹}:

کوپلینگ هایی هستند که دلیل انعطاف پذیری آنها، خم شدن دیسک ها، دیافراگم ها یا جفت های نازک فلزی آنهاست.

۱-۲- کوپلینگ دیافراگم فلزی^{۶۰}:

نوعی از کوپلینگ های انعطاف پذیر فلزی است که متشکل از یک یا چند قطعه ی انعطاف پذیر به شکل صفحات دایروی هستند. این صفحات در ناحیه ی قطر خارجی کوپلینگ به یک قطعه و در ناحیه ی قطر داخلی آن به قطعه ی دیگر متصل هستند.

۲-۲- کوپلینگ دیسک فلزی^{۶۱}:

نوعی از کوپلینگ های انعطاف پذیر فلزی است که متشکل از یک یا چند قطعه ی انعطاف پذیر می باشند. این قطعات انعطاف پذیر در دو ناحیه ی هم فاصله نسبت به محور کوپلینگ، به آن متصل می شوند.

۳- کوپلینگ های انعطاف پذیر الاستومری^{۶۲}:

کوپلینگ های هستند که در آنها گشتاور به وسیله ی یک یا چند قطعه ی الاستومری منتقل می شود.

⁵⁷ Mechanical contact coupling

⁵⁸ Gear coupling

⁵⁹ Metallic flexible-element coupling

⁶⁰ Metallic Diaphragm coupling

⁶¹ Metallic Disc coupling

⁶² Elastomeric flexible-element coupling

۳-۱- کوپلینگ های الاستومری برشی^{۶۳}:

نوعی از کوپلینگ های انعطاف پذیر الاستومری است که گشتاور را به وسیله ی یک قطعه ی الاستومری که به صورت برشی بارگذاری شده است، منتقل می کند. این قطعه ی الاستومری می تواند تایر، آکاردئونی (با بیش از یک خم) یا یک دیافراگم باشد. به وسیله ی چنین قطعات الاستومری ای می توان نا هم محوری را تصحیح کرد و از حرکت نسبی محوری و آفست اجتناب کرد.

۳-۲- کوپلینگ های الاستومری تراکمی^{۶۴}:

نوعی از کوپلینگ های انعطاف پذیر الاستومری است که قطعه ی الاستومری بین دو قسمت راننده و رانده ی کوپلینگ جاسازی می شود. بارگذاری این قطعات معمولا به صورت تراکمی است. این قطعات به صورت بوش یا گوه هستند و توانایی محدودی در تصحیح نا هم محوری و آفست و حرکت نسبی دارند.

۴- کوپلینگ های دو سر درگیر^{۶۵}:

کوپلینگ هایی با دو صفحه ی خمش را کوپلینگ های دو سر درگیر می نامند. این آرایش در بعضی از انواع خاص کوپلینگ ها مانند کوپلینگ های انعطاف پذیر فلزی و کوپلینگ های دنده ای به کار می رود و باعث می شود که نقص عدم توانایی در تصحیح آفست جانبی بر طرف شود.

۵- کوپلینگ های شفت-قلمی^{۶۶}:

کوپلینگ هایی هستند که در شفت های باریک و بلند، جهت تصحیح نا هم محوری زاویه ای طراحی، آفست جانبی و ارتعاشات پیچشی ناشی از تغییر شکل الاستیک طراح می شوند. این نوع کوپلینگ ها توانایی کنترل جابجایی محوری نسبی دو قطعه را ندارند.

۶- کوپلینگ های یک سر درگیر^{۶۷}:

کوپلینگ هایی با یک صفحه ی خمش را کوپلینگ های یک سر درگیر می نامند. این آرایش در بعضی از انواع خاص کوپلینگ ها مانند کوپلینگ های انعطاف پذیر فلزی و کوپلینگ های دنده ای باعث عدم توانایی در تصحیح آفست جانبی می شود.

۷- کوپلینگ های فنر پیچشی^{۶۸}:

کوپلینگ های انعطاف پذیری هستند که در آنها قابلیت میرایی پیچشی و در نتیجه انعطاف پذیری پیچشی افزایش یافته است. این نوع از کوپلینگ ها در دو نوع موجود می باشد که در یکی از آنها توانایی تصحیح نا هم محوری و یا جابجایی محوری وجود دارد و در دیگری وجود ندارد.

⁶³ Elastomeric shear coupling

⁶⁴ Elastomeric compression coupling

⁶⁵ Double-engagement coupling

⁶⁶ Quill-shaft coupling

⁶⁷ Single-engagement coupling

⁶⁸ Torsionally resilient coupling

تعاریف مربوط به پارامترهای کوپلینگ

۱- گشتاور پیوسته ی نامی کوپلینگ^{۶۹} (T_c):

تولید کننده ی کوپلینگ مقداری را با عنوان گشتاور پیوسته ی مجاز آن معرفی می کند که بیانگر مقدار گشتاور قابل انتقال به صورت پیوسته و در زمان نامحدود است. برای برخی انواع مشخص کوپلینگ ها، مخصوصا آنهایی که شامل قطعات الاستومریک هستند، گشتاور پیوسته نامی کوپلینگ وابسته به دمای کارکرد آن نیز دارد.

۲- ماکزیمم نا هم محوری زاویه ای پیوسته ی نامی کوپلینگ^{۷۰}:

ماکزیمم نا هم محوری زاویه ای در هر صفحه ی خمش کوپلینگ است که برای زمان نامحدود می تواند آن را تحمل کند.

۳- ماکزیمم جابجایی محوری پیوسته ی نامی کوپلینگ^{۷۱}:

ماکزیمم جابجایی محوری کوپلینگ است که برای زمان نامحدود می تواند آن را تحمل کند.

۴- سرعت نامی کوپلینگ^{۷۲}:

ماکزیمم سرعت دورانی در شرایطی که کوپلینگ قادر باشد، گشتاور پیوسته ی نامی را انتقال دهد و همزمان در معرض ماکزیمم جابجایی محوری پیوسته ی نامی و ماکزیمم نا هم محوری زاویه ای پیوسته ی نامی خود باشد.

۵- ماکزیمم سرعت مجاز^{۷۳}:

ماکزیمم سرعت دورانی عملکرد لحظه ای کوپلینگ را ماکزیمم سرعت مجاز گویند.

۶- ماکزیمم دمای مجاز^{۷۴}:

ماکزیمم دمای محیط مجاور کوپلینگ که توسط تولید کننده ی آن معرفی می شود ماکزیمم دمای مجاز نام دارد.

⁶⁹ Coupling continuous rated torque

⁷⁰ Coupling rated maximum continuous angular misalignment

⁷¹ Coupling rated maximum continuous axial displacement

⁷² Coupling rated speed

⁷³ Maximum allowable speed

⁷⁴ Maximum allowable temperature

ترم های مربوط به عملکرد کوپلینگ۱- فاکتور عملکرد^{۷۵} (K_a):

فاکتوری است که ضرب در گشتاور نامی ماشین می شود تا تاثیر این واقعیت که گشتاور انتقالی قابل انتقال با ماشین مورد نظر همواره ثابت نبوده و به صورت سیکلی تغییر می کند. نمونه ای از این نوع ماشین ها، موتورهای پیستونی یا کمپرسورها هستند.

۲- فاکتور تجربه^{۷۶} (K_e):

با توجه به دو نکته ی وجود نامعینی ها در محاسبه ی گشتاور نامی ماشین و امکان تغییر کاربرد در آینده، فاکتور تجربه تعریف شده است که به وسیله ی آن گشتاور نامی ماشین کاهش می یابد.

۳- سرعت نامی ماشین^{۷۷}:

ماکزیمم سرعت دورانی که در آن گشتاور نامی ماشین توسط کوپلینگ به صورت پیوسته منتقل می شود.

۴- گشتاور نامی ماشین^{۷۸} (T_m):

بیشترین گشتاور متوسط مورد نیاز جهت انتقال به صورت پیوسته توسط کوپلینگ.

شایان ذکر است که گشتاور متوسط میانگین گشتاور بعد از چند دور است و شامل نوسانات سیکلی مانند آنچه در ماشین های رفت و برگشتی وجود دارد، نمی شود.

۵- ماکزیمم سرعت پیوسته^{۷۹}:

ماکزیمم سرعت دورانی ای که کوپلینگ به صورت پیوسته کار می کند (در تعریف هیچ الزامی به کارکرد در گشتاور نامی ماشین نمی باشد). در بیشتر مواقع ماکزیمم سرعت پیوسته و سرعت مجاز ماشین یکسان می باشند.

۶- ماکزیمم دمای پیوسته^{۸۰}:

ماکزیمم دمای محیط در مجاورت که کوپلینگ قادر به انتقال گشتاور پیوسته ی نامی تحت نا هم محوری و سرعت معین می باشد.

۷- مینیموم سرعت پیوسته^{۸۱}:

کمترین سرعتی که کوپلینگ طی آن می تواند به صورت پیوسته کار کند.

⁷⁵ Application factor

⁷⁶ Experience factor

⁷⁷ Machine rated speed

⁷⁸ Machine rated torque

⁷⁹ Maximum continuous speed

⁸⁰ Maximum continuous temperature

⁸¹ Minimum continuous speed

۸- مینیموم دمای کارکرد^{۸۲}:

کمترین دمای محیط در مجاورت که کوپلینگ قادر به انتقال گشتاور پیوسته ی نامی تحت نا هم محوری و سرعت معین می باشد.

۹- سرعت تریپ^{۸۳}:

سرعت دورانی کوپلینگ که طی آن دستگاه مستقل سرعت بالای اضطراری، یدک کش سرعت متغیر را خاموش می کند. هنگامی که این اصطلاح برای ماشین های تحریک شده توسط یک موتور الکتریکی سرعت ثابت جریان متناوب به کار می رود منظور سرعت کوپلینگ در لحظه ای است که موتور سرعت همزمان با بیشترین فرکانس را دارد.

اصطلاحات کلی

۱- ناهم محوری زاویه ای^{۸۴}:

زاویه ی کوچکی بین خط محور دو شفتی که توسط کوپلینگ به هم متصل شده اند. در کوپلینگ های دو سر درگیر ناهم محوری زاویه ای به زاویه ی کوچک بین محور شفت و محور موثر شفت شناور اطلاق می شود.

۲- جابجایی محوری^{۸۵}:

به تغییر موقعیت محوری نسبی دو سر شفت های متصل توسط کوپلینگ گفته می شود.

۳- نقطه ی مرجع محوری^{۸۶}:

نقطه ای روی محور شفت های محرک و متحرک که تغییر فاصله های محوری نسبت به آن سنجیده می شود. این نقطه معمولاً انتهای شفت انتخاب می شود.

۴- نیروی محوری عکس العمل کوپلینگ^{۸۷}:

نیروی محوری که در اثر شرایط کارکرد توسط کوپلینگ اعمال می شود. نوسانات محوری، نا هم محوری، سرعت، دما و ... نمونه هایی از شرایط کارکرد هستند. این نیروی تابعی از شکل و سختی ادوات انعطاف پذیر و یا اصطکاک لغزشی بین قسمت های کوپلینگ تماس مکانیکی است.

⁸² Minimum operating temperture

⁸³ Trip speed

⁸⁴ Angular misalignment

⁸⁵ Axial displacement

⁸⁶ Axial reference point

⁸⁷ Coupling axial reaction force

۵- شبیه ساز جرم کوپلینگ^{۸۸}:

دستگاهی جانبی است که جرم موثر نیمه کوپلینگ و موقعیت دقیق مرکز جرم را نسبت به شفتی که روی آن نصب شده است مشخص می کند.

۶- کوپلینگ عایق الکتریسیته^{۸۹}:

کوپلینگی است که طوری طراحی می شود که جریان الکتریسیته از یک شفت به شفت دیگر متصل شده توسط آن منتقل نشود.

۷- فاصله ی پیچش^{۹۰}:

فاصله ی محوری بین صفحات پیچش در کوپلینگ های دو سر درگیر.

۸- شفت شناور^{۹۱}:

قسمت شناور کوپلینگ دو سر درگیر که قسمت های متصل به شفت ناقل گشتاور را به هم وصل می کند و از طرف آنها نیروی تکیه گاهی دریافت می کند. بخشی از شفت شناور جداکننده (spacer) نام دارد.

۹- نیمه کوپلینگ^{۹۲}:

ترکیبی از تمامی اجزای یک کوپلینگ که روی یک شفت نصب شده و توسط آن حمایت می شوند. نیمه کوپلینگ شامل جدا کننده (در حالت استفاده از کوپلینگ دو سر درگیر) و یا ادوات انعطاف پذیر (در حالت استفاده از کوپلینگ یک سر درگیر) می باشد.

۱۰- آداپتور بی باری تک پلیت^{۹۳}:

قطعه ای است که جهت نگه داری صلب گونه ی اجزای شناور انتهای یک کوپلینگ طراحی می شود تا عملکرد جداگانه ی ماشین محرک بدون نیاز به پیاده کردن هاب از سیستم را مقدور سازد.

۱۱- آفست جانبی^{۹۴}:

فاصله ی جانبی محور های دو شفت کوپل شده ی غیر موازی، که در نقطه ی مرجع محوری شفت ماشین محرک اندازه گیری می شود.

⁸⁸ Coupling mass simulator

⁸⁹ Electrically insulated coupling

⁹⁰ Flexing length

⁹¹ Floating shaft

⁹² Half-coupling

⁹³ Solo plate idling adapter

⁹⁴ Lateral offset

۱۲- کوپلینگ شناور انتها محدود^{۹۵}:

کوپلینگ هایی هستند که جهت جلوگیری از حرکت محوری نسبی دو انتهای شفت متصل و همچنین اعمال نیرویی محوری با اندازه ای معین طراحی می شوند.

۱۳- شبیه ساز ممنتوم^{۹۶}:

دستگاهی جانبی است که ممنتوم جرم موثر نیمه کوپلینگ را نسبت به محور بیرینگ مجاور خود مشخص می کند.

۱۴- آفست موازی^{۹۷}:

فاصله ی جانبی دو شفت کوپل شده ی موازی که خط محورهایشان بر هم منطبق نیست.

۱۵- نابالانسی بالقوه^{۹۸}:

بیشترین نابالانسی خالص ممکن یک سیستم کوپلینگ بعد از نصب آن.

۱۶- نابالانسی باقیمانده^{۹۹}:

میزان نابالانسی موجود در یک قطعه یا اسمبلی بعد از بالانس کردن آن.

۱۷- اسمبلی نصب شده روی شفت^{۱۰۰}:

تمامی قطعات نصب شده روی شفت مانند هاب، اجزای انعطاف پذیر متالیک یا الاستومری، جفت های تماسی در کوپلینگ های تماس مکانیکی و

۱۸- جداکننده^{۱۰۱}:

قطعه ای جدا شدنی از کوپلینگ جهت ایجاد فاصله و امکان دسترسی ابزار نصب و برداشتن هاب.

۱۹- طول گپ جداکننده^{۱۰۲}:

فاصله ی محوری که بعد از برداشتن جداکننده جهت دسترسی ابزار نصب ایجاد می شود. این فاصله می تواند کوچکتر از فاصله ی بین دو انتهای شفت ها باشد.

⁹⁵ Limited-end-floating coupling

⁹⁶ Moment simulator

⁹⁷ Parallel offset

⁹⁸ Potential unbalance

⁹⁹ Residual unbalance

¹⁰⁰ Shaft-mounted assembly

¹⁰¹ Spacer

¹⁰² Spacer gap length

۲۰- میرایی پیچشی^{۱۰۳}:

جذب یا اتلاف انرژی پیچشی نوسانی.

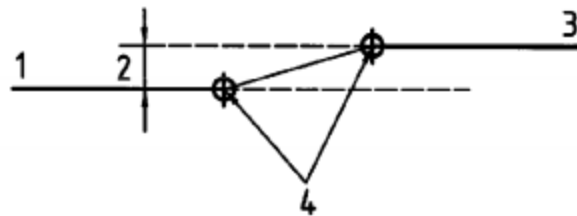
۲۱- فرکانس پیچشی طبیعی^{۱۰۴}:

فرکانس پیچشی طبیعی یک سیستم تشکیل شده است از اینرسی اجرام دوار و مقاومت صلب پیچشی شفت ها و کوپلینگ متصل.

۲۲- میزان سازی پیچشی^{۱۰۵}:

تغییر یک یا چند فرکانس طبیعی یک سیستم کوپله جهت جلوگیری از رزونانس.

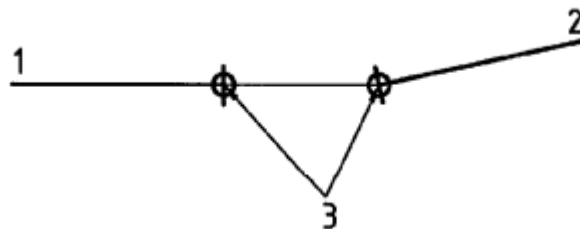
برای درک بهتر مفاهیم هندسی ارائه شده شکل های ۱ تا ۴ ارائه شده است.



شکل ۱

در شکل ۱ آفست موازی نشان داده شده است. نماد های به کار رفته در شکل فوق عبارتند از:

۱	ماشین محرک
۲	آفست موازی
۳	ماشین متحرک
۴	صفحات خمش



شکل ۲

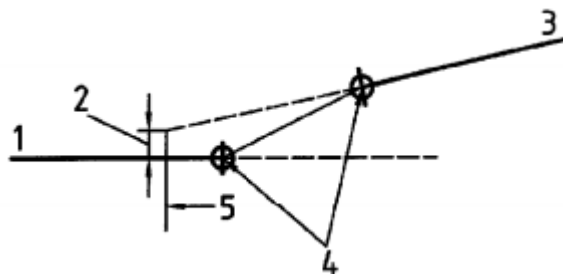
¹⁰³ Torsional damping

¹⁰⁴ Torsional natural frequency

¹⁰⁵ Torsional tuning

در شکل ۲ ناهم محوری زاویه ای نشان داده شده است. نماد های به کار رفته در شکل فوق عبارتند از:

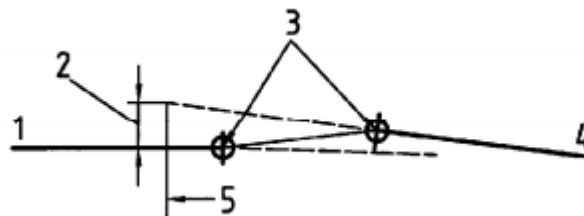
۱	ماشین محرک
۲	ماشین متحرک
۳	صفحات خمش



شکل ۳

در شکل ۳ آفست جانبی همراه با ناهم محوری زاویه ای در یک صفحه و در یک جهت نشان داده شده است. نماد های به کار رفته در شکل فوق عبارتند از:

۱	ماشین محرک
۲	آفست جانبی
۳	ماشین متحرک
۴	صفحات خمش
۵	نقطه ی مرجع محوری ماشین محرک



شکل ۴

در شکل ۴ آفست جانبی همراه با ناهم محوری زاویه ای در یک صفحه ولی در جهت مخالف نشان داده شده است. نماد های به کار رفته در شکل فوق عبارتند از:

۱	ماشین محرک
۲	آفست جانبی
۳	صفحات خمش
۴	ماشین متحرک
۵	نقطه ی مرجع محوری ماشین محرک

برای انتخاب کوپلینگ، خریدار باید موارد زیر را مشخص کند:

۱. نوع کوپلینگ مورد نیاز (دنده ای، انعطاف پذیر فلزی و ...)، شیوه ی اتصال به شفت (انتهای شفتهای فلنج دار یکپارچه، هاب های جداشدنی، سطح داخلی مخروطی یا موازی، با خار یا بدون آن و ...) و جزئیات نصب (قطر شفت، در صورت وجود مخروط اعلام زاویه ی آن، تداخل، جزئیات پیچ های فلنج و ...)
۲. سرعت نامی ماشین، دامنه ی سرعت عملکرد تجهیزات (ماکزیمم و مینیموم سرعت پیوسته) و سرعت تریپ، تعیین مواقعی که ماشین محرک به صورت دی کوپله به سرعتی بالاتر از سرعت تریپ می رسد و مقدار آن سرعت.
۳. گشتاور نامی ماشین، گشتاور مورد نیاز در سرعت پیوستگی ماکزیمم
۴. مقدار ضریب کاربرد مناسب
۵. مقدار ضریب تجربه مناسب
۶. اندازه ی مورد انتظار، طبیعت و تعداد وقوع ناپایدارهای پیچشی ای که کوپلینگ باید خود را بدون آسیب با آن تطابق دهد.
۷. اندازه ی مورد انتظار گشتاورهای گذرای ناشی از شرایط کارکردی نامناسب، که کوپلینگ باید طی آن به کار ادامه دهد تا یکپارچگی سیستم حفظ شده و از تعطیلی واحد جلوگیری شود. شایان ذکر است که پس از تحمل این گشتاورهای گذرا، کوپلینگ باید بازرسی و تعمیر شود.
۸. ماکزیمم ناهم محوری مورد انتظار برای کوپلینگ بر حسب آفست جانبی و آفست موازی و زاویه ی بین خط محورهای دو شفت با توجه به شرایط دمایی و سایر پارامترهای تاثیرگذار. همچنین مقدار ماکزیمم ناهم محوری گذرا در هنگام شروع به کار یا خاموشی یا سایر شرایط گذرا.
۹. فاصله ی محوری انتهایی دو شفتی که قرار است با کوپلینگ به هم متصل شوند در حالتی که سرد و ساکن هستند و نقطه ی مرجعی که این فاصله نسبت به آن سنجیده می شود.
۱۰. تغییر مورد انتظار در فاصله ی محوری انتهایی دو شفتی که قرار است با کوپلینگ به هم متصل شوند از حالتی که سرد و ساکن هستند تا حالت عملکرد نرمال با توجه به گرادیان دما و سایر پارامترهای تاثیر گذار. همچنین مقدار ماکزیمم این تغییر حین شروع به کار یا خاموشی یا تغییر بار یا سایر شرایط گذرا.

تذکرات

۱. توصیه می شود سرعت نامی ماشین، ماکزیمم سرعت پیوستگی باشد. البته در بعضی موارد مقادیر کمتر مناسب است. مثلا در مواردی که ماکزیمم ظرفیت گشتاور ماشین محرک در سرعت های پایین بیشتر است.
۲. گشتاور نامی ماشین نباید کمتر از ماکزیمم گشتاور پیوسته ی مورد نیاز در هر شرایط کارکردی باشد. در مواردی که دو یا چند شفت متحرک از یک شفت محرک، به وسیله ی گیربکس با چند شفت یا هر دو انتهایی شفت محرک تغذیه می شوند باید نهایت دقت را در اندازه گیری گشتاور نامی هر کوپلینگ لحاظ کرد.
۳. مقدار ضریب کاربرد (K_a) باید به گونه ای تعیین شود که تغییرات سیکلی گشتاور منتقل شده لحاظ شود. در حالت ایده آل، این ضریب باید به وسیله ی آنالیز پیچشی تمامی اجزای خط انتقال قدرت با توجه به هر تقویتی از اثرات رزونانس محاسبه شود. در غیاب آنالیز پیچشی، به طور مثال در مراحل ابتدایی انتخاب کوپلینگ، مقدار تقریبی ضریب کاربرد که در جدول ۱ ارائه شده است، قابل قبول است.

جدول ۱

ماشین محرک	ماشین متحرک	مقدار K_a
توربین یا الکترو موتور	ژنراتور	1
	پمپ سانتریفیوژ و کمپرسور	1.2
	فن و کمپرسور ملخی	1.5
	پمپ های رفت و برگشتی یا کمپرسور با بیش از ۴ سیلندر	1.75
	پمپ های رفت و برگشتی یا کمپرسور با کمتر از ۴ سیلندر	باید با استفاده از آنالیز پیچشی تعیین شود
موتور رفت و برگشتی	همگی	باید با استفاده از آنالیز پیچشی تعیین شود

۴. مقدار ضریب تجربه (K_e) معمولا ۱/۲۵ است مگر اینکه مقدار گشتاور منتقل شده نامعین باشد یا مصرف کننده تصمیم به تخصیص ظرفیت استثنایی برای سیستم داشته باشد، که در این صورت مقادیر بالاتری هم انتخاب می شود. مقادیر بالاتر ضریب تجربه منجر به بزرگتر شدن سایز کوپلینگ و تاثیر روی دینامیک روتورهای ماشین های کوپل شده می شود. مقدار ضریب تجربه در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۱ باشد ولی در بعضی از مواقع که حداقل یکی از ماشین های کوپل شده به جرم کوپلینگ حساس است و مقدار گشتاور منتقل شده نیز دقیقا مشخص است می توان از مقادیر کمتر از ۱/۲۵ هم استفاده کرد.

۵. در مواردی که از موتورهای آسنکرون یا موتورهای فرکانس متغیر به عنوان محرک استفاده می شود، حتما یابد گشتاورهای گذرای لحظات شروع به کار و خاموشی را لحاظ کرد.

ملزومات انتخاب کوپلینگ

۱. ابتدا باید مقدار گشتاور پیوسته ی نامی کوپلینگ را مشخص کرد. گشتاور پیوسته ی نامی می تواند یک عدد یا تابعی از ناهم محوری زاویه ای، جابجایی محوری یا سرعت باشد. مقدار تعیین شده یا مقدار به دست آمده از تابع تعیین شده نباید از مقدار گشتاور پیوسته ی نامی به دست آمده از رابطه ی زیر کمتر باشد:

$$T_c = T_m \cdot K_a \cdot K_e$$

که در آن:

T_c : گشتاور پیوسته ی نامی کوپلینگ

T_m : گشتاور نامی ماشین

همانطور که پیشتر بیان شد، مقدار اولیه ی ضریب تجربه ۱/۲۵ و مقدار اولیه ی ضریب کاربرد از جدول ۱ به دست می آید.

۲. در این مرحله ماکزیمم سرعت مجاز برای کل مجموعه ی کوپلینگ تعیین می شود. مقدار تعیین شده برای ماکزیمم سرعت مجاز نباید کمتر از سرعت تریپ باشد. همچنین ماکزیمم سرعت مجاز برای بخش سوار بر شفت محرک هنگامی که به صورت دی کوپله عمل می کند هم نباید کمتر از ماکزیمم دو مقدار سرعت تریپ و ماکزیمم سرعت دی کوپله تعیین شده، باشد.

۳. در این مرحله ماکزیمم محور زایه ای پیوسته ی نامی در هر صفحه ی خمش تعیین می شود. این پارامتر می تواند به صورت یک مقدار یا به صورت تابعی از سرعت، گشتاور و جابجایی محوری بیان شود. این مقادیر نباید در هر صفحه بیش از ۰/۲ درجه باشد. همچنین در صورت وجود ماکزیمم محور زایه ای گذرای قابل قبول، مقدار آن نیز باید گزارش شود.

۴. کوپلینگ به گونه ای طراحی شده است که یکی از شرایط زیر شرایط طبیعی آن باشد:

I. شرایط ساکن و سرد

II. شرایط کارکرد نرمال

مگر اینکه اطلاعاتی توسط مصرف کننده اعلام شده باشد که با توجه به آن شرایط طبیعی جدیدی انتخاب شود. مقدار جابجایی محوری در شرایط کارکرد نرمال بر اساس شرایط طبیعی انتخاب شده و حرکات محوری انتهایی شفت تعیین می شود.

۵. در این مرحله ماکزیمم جابجایی محوری نامی پیوسته از حالت طبیعی در هر جهت تعیین می شود که می تواند یک مقدار یا به صورت تابعی از سرعت، گشتاور و ناهم محوری زایه ای باشد. شایان ذکر است که مقدار تعیین شده نباید کمتر از ۱٪ ماکزیمم دو مقدار قطر شفت محرک و قطر شفت متحرک باشد. همچنین در صورت وجود ماکزیمم جابجایی محوری گذرای قابل قبول، مقدار آن نیز باید گزارش شود.

۶. در این مرحله رابطه ای بین گشتاور پیوسته ی نامی کوپلینگ، ماکزیمم محور زایه ای پیوسته ی نامی کوپلینگ و ماکزیمم جابجایی محوری پیوسته ی نامی کوپلینگ (برای مواردی که مقدار ماکزیمم هر یک نمی تواند به صورت همزمان با مقدار ماکزیمم سایرین روی دهد) معرفی می شود.

۷. قابلیت کوپلینگ برای قبول ناهم محوری و جابجایی محوری به صورت پیوسته و در حین انتقال گشتاور پیوسته ی نامی کوپلینگ در سرعت نامی خود نباید کمتر از ماکزیمم محور زایه ای پیوسته ی تعیین شده و ماکزیمم جابجایی محوری از حالت طبیعی انتخاب شده باشد.

۸. کوپلینگ باید توانایی انتقال ۱۱۵٪ ماکزیمم گشتاور گذرای تعیین شده را حین ماکزیمم محور زایه ای پیوسته ی تعیین شده و ماکزیمم جابجایی محوری تعیین شده برای مدت زمان و فرکانس کافی بدون آسیب دیدگی داشته باشد.

۹. جنس کوپلینگ باید با میزان سختی ای انتخاب شود که توانایی تحمل گشتاور در شرایط گذرای نامناسب را داشته باشد.

۱۰. کوپلینگ هنگامی که برای مدت و فرکانس کافی، ماکزیمم محور زایه ای جابجایی محوری تعیین شده را تحمل می کند باید بتواند گشتاور پیوسته ی نامی کوپلینگ را انتقال دهد.

انتخاب کوپلینگ های فلندر

انتخاب سری کوپلینگ:

سری مناسب کوپلینگ با توجه به ماشین متحرک و اجزای انتقال قدرت تعیین می شوند. ضوابط معمول در تعیین سری در جدول ۱ آورده شده است. علاوه بر موارد ذکر شده قیمت کوپلینگ و موجود بودن آن نیز از دیگر ضوابط انتخاب نوع کوپلینگ است. همچنین در جدول ۲ سری کوپلینگ های مناسب برای پمپ های سانتریفیوژ معرفی شده است.

شایان ذکر است که برای کوپلینگ های سری FLUDEX که بیشتر روی شفت های دندانه دار سرعت بالا نصب می شود، نیاز به استفاده از ضریب کاربرد نیست.

انتخاب سایز کوپلینگ:

بار گشتاور روی کوپلینگ بر اساس توان خروجی ماشین متحرک و سرعت کوپلینگ تعیین می شود:

$$T_N = 9550 \frac{PN}{n_N}$$

T_N بار نامی کوپلینگ است و بر حسب Nm بیان می شود. واحد توان خروجی KW و واحد سرعت کوپلینگ rpm است.

بار گشتاور نامی به دست آمده از رابطه ی فوق باید ضرب در ضرایبی شود و پس از آن با گشتاور نامی کوپلینگ مقایسه شود. یک راه حل ایده آل ولی پرهزینه این است که مشخصه ی گشتاور کوپلینگ اندازه گیری شود. فلندر به همین منظور آداپتورهای مخصوصی را ارائه کرده است. همانطور که پیش تر بیان شد گشتاور نامی کوپلینگ گشتاوری است که کوپلینگ می تواند در صورت اعمال استاتیکی در دمای اتاق در مدت زمان استفاده ی مناسب آن را انتقال دهد. در کاتالوگ های کمپانی فلندر گشتاور نامی با نماد T_{kN} نشان داده شده است.

در واقع ضریب کاربرد به این جهت تعبیه شده است که گشتاور واقعی را به گشتاور ایده آل مرتبط سازد. با توجه به استاندارد DIN 3990-1 ضریب کاربرد برای مصارف مختلف از جدول ۳ قابل برداشت است. برای فهم بهتر این جدول، در جدول ۴ به ارائه ی مثال هایی پرداخته می شود. ضریب دیگری به نام ضریب دما وجود دارد که مقدار آن در جدول ۵ ارائه شده است. لازم به ذکر است که در سری های ZAPEX و ARPEX نیازی به در نظر گرفتن ضریب دما نیست. توضیحات پیرامون جنس الاستومر در جدول ۶ ارائه شده است.

بعد از مشخص شدن ضرائب کاربرد و دما می توان از رابطه ی زیر جهت انتخاب سایز کوپلینگ استفاده کرد:

$$T_{KN} \geq T_N \times FB \times FT$$

گشتاور ماکزیمم، بیشترین باری است که در حین عملکرد عادی کوپلینگ به آن وارد می شود. از گشتاورهای ماکزیممی که بیشتر از ۲۵ بار در ساعت اتفاق می افتند باید پرهیز شود و باید مقدار آن را به کمتر از گشتاور ماکزیمم کوپلینگ باشد. گشتاور ماکزیمم معمولاً در یکی از شرایط زیر اتفاق می افتد:

۱. شروع به کار
۲. پایان کار
۳. عملکرد با بیشترین بار

گشتاور اضافه ظرفیت بیشترین باری هستند که تنها در شرایط نادر و خاص بر کوپلینگ تحمیل می شوند. اتصال کوتاه شدن موتور و توقف ضروری و ناگهانی عملکرد به دلیل شکست یکی از اجزا نمونه هایی از مواقع اضافه ظرفیت است. گشتاور اضافه ظرفیت نباید بیشتر از یکبار در ماه اتفاق بیفتد و باید مقدار آن کوچکتر از حد اضافه ظرفیت کوپلینگ باشد. گشتاور اضافه ظرفیت در کسری از ثانیه اتفاق می افتد.

با توجه به دو بند فوق، برای تعیین سایز کوپلینگ باید:

$$T_{Kmax} \geq T_{max} \times FT$$

$$T_{KOL} \geq T_{OL} \times FT$$

با اعمال ضریب فرکانس گشتاور دینامیکی باید کمتر از گشتاور خستگی کوپلینگ باشد. یعنی:

$$T_{KW} \geq T_W \times FF \times \frac{1.5}{FB-1}$$

برای تعیین ضریب فرکانس:

۱. اگر فرکانس بار گشتاور دینامیکی کمتر از ۱۰ هرتز باشد، ضریب فرکانس برابر ۱ است.

۲. اگر فرکانس بار گشتاور دینامیکی بیشتر از ۱۰ هرتز باشد، ضریب فرکانس برابر $\sqrt{\left(\frac{f_{err}}{10}\right)}$ است. که در آن f_{err} فرکانس بار گشتاور دینامیکی است.

۳. اگر کوپلینگ از سری های ARPEX و ZAPEX باشد ضریب فرکانس هموار ۱ است.

گام بعدی سنجش میزان ماکزیمم سرعت است. در تمامی بارها باید:

$$n_{Kmax} \geq n_{max}$$

سپس باید ناهم محوری مجاز شفت را در نظر گرفت. به صورتی که ناهم محوری شفت همواره باید کمتر از ناهم محوری مجاز شفت باشد. در مرحله ی بعدی باید قطر کوپلینگ، هندسه ی نصب و طرح کوپلینگ مورد بررسی قرار گیرد. این بررسی باید طبق جداول ابعاد صورت گیرد. ماکزیمم قطر با توجه طبق استاندارد DIN 6885 برای جاخاری موازی تعیین می شود. برای سایر هندسه های جاخاری می توان قطر کوپلینگ را کاهش داد.

سری های مختلف کوپلینگ ها، رفتارهای مختلفی در مقابل بار اضافه ظرفیت نشان می دهند:

۱. سری های ZAPEX, ARPEX, N-EUPEX, RUPEX, BIPEX قابلیت مقابله با بارهای اضافه ظرفیت تا شکست بخش فلزی را دارند. این سری ها ایمن در مقابل شکست ساخته شده اند.

۲. سری های N-EUPEX DS, ELPEX-B, ELPEX-S, ELPEX در مقابل بار اضافه ظرفیت می شکنند. در لحظه ی اعمال بار اضافه ظرفیت قطعه ی الاستومری این کوپلینگ ها به گونه ای غیرقابل تعمیر آسیب می بینند در حالی که آسیبی به بخش فلزی وارد نمی شود. این سری ها غیر ایمن در مقابل شکست ساخته شده اند. این سری کوپلینگ ها می توانند به قطعاتی با نام ایمن در مقابل شکست مجهز شوند. این قطعه ی اضافی قابلیت ادامه عملکرد در موارد اضطراری بعد از آسیب دیدن جز الاستومری را فراهم می سازند.

مرحله ی بعدی بررسی اتصال هاب و شفت است. گشتاورهای تعیین شده در جداول نرخ توان کوپلینگ ها الزاما به شفت و هاب وارد نمی شوند. بسته به نوع اتصال هاب و شفت اثبات پایداری ترکیب ضروری است. جدول ۷ بسته به نوع اتصال روش های محاسباتی اثبات پایداری ترکیب را معرفی می کند.

هاب کوپلینگ معمولا هم تراز با سطح انتهایی شفت نصب می شود، به همین دلیل امکان برخورد آن با سایر قطعات باید بررسی شود. اگر شفت پس کشید، باید علاوه بر ظرفیت بار بیرینگ اتصال شفت و هاب، موقعیت صحیح هاب هم تضمین شود. اگر طول

هاب یاتاقان ناکافی بود، نیروهای مصحح منجر به سایش و اختلال در ایمنی محوری می شود. با توجه به عبارات فوق، پیچ تنظیم روی شفت به اندازه ی کافی بلند باید نصب شود یا خار موازی استفاده شود.

در انتها باید محیط شیمیایی خورنده و دما را نیز لحاظ کرد. کمترین دمای مجاز کوپلینگ در جدول ۵ ارائه شده است. در محیط شیمیایی خورنده نیز باید با تولید کننده مشورت شود.

جدول ۱

ضوابط انتخاب سری	
دامنه گشتاور	گشتاور نامی کوپلینگ
دامنه سرعت	سرعت جانبی
بار گشتاور	یکتا
	نا یکتا
	خشن
	خیلی خشن
نصب و هم محوری	نصب صلب، به خوبی تنظیم شده
	نصب صلب، به تقریب تنظیم شده
	نصب انعطاف پذیر
سفتی پیچشی	صلب پیچشی
	صلب انعطاف پذیر
	بسیار انعطاف پذیر
انتقال گشتاور	بدون پس زنی گشتاور
	پس زنی گشتاور کم
	ظرفیت دوام آوردن تحت گشتاور بیش از حد
اسمبلی	اسمبلی وصل کردنی (مانند زدن دوشاخه به پریز)
	به وسیله ی بوش مخروطی مهار کننده
نگهداری	اجزای سایشی به آسانی پیاده شوند
	بی نیاز به نگهداری
	کم نیاز به نگهداری (هر ۱ سال)
محیط	طبق ATEX 94/9/EC
	دامنه دمای عملکردی
	خورنده شیمیایی
جنس کوپلینگ	آهن ریخته گری
	فولاد
	فولاد ضد زنگ
اجزای اضافی	آداپتور
	دیسک شکست
	درام شکست
	محدود کننده پس زنی محوری
	تغییر دنده
	نوع فلنج
	فلنج SAE J620d

جدول ۲

محرک	ضریب کاربرد	FLUDEX	ZAPEX	ARPEX	N-EUPEX	RUPEX	BIPEX	ELPEX-B	ELPEX-S	ELPEX
الکتروموتور بدون گیربکس	1 – 1.5	√	√	√	√	معمول نیست- ممکن است	معمول نیست- ممکن است	√	×	×
الکتروموتور با گیربکس	1 – 1.5	√	√	√	√	√	معمول نیست- ممکن است	√	×	×

جدول ۳

ضریب کاربرد (FB)	مشخصه ی گشتاور ماشین متحرک			
	یکتا	یکتا با شوک های ملایم	غیر یکتا	خیلی خشن
مشخصه ی گشتاور ماشین متحرک	یکتا	1	1.25	1.75
یکتا	1	1.25	1.5	2
یکتا با شوک های ملایم	1.25	1.5	1.75	2
غیر یکتا	1.5	1.75	2	2.5

جدول ۴

نمونه هایی از مشخصه گشتاور ماشین متحرک	
یکتا	الکتروموتور ها با شروع به کار ملایم، توربین های بخار
یکتا با شوک های ملایم	الکتروموتور ها بدون شروع به کار ملایم
غیر یکتا	موتور های احتراق داخلی
نمونه هایی از مشخصه گشتاور ماشین متحرک	
یکتا	ژنراتور ها، پمپ های سانتریفیوژ برای سیالات سبک
یکتا با شوک های ملایم	پمپ های سانتریفیوژ برای سیالات ویسکوز، آسانسور ها، ابزارآلات ماشینی، سانتریفیوژ ها، اکسترودر کننده ها، دمنده ها، دستگاه های بالابر
غیر یکتا	ماشین های حفاری، خمیرگیر، نقاله ها، دستگاه های پرس، دستگاه های نورد و فرز کاری
خیلی خشن	دستگاه های سنگ شکن، ماشین های حفاری، دستگاه های قطع کن، ماشین کاری آهن (ذوب کننده)

جدول ۵

ضرب دمای FT	دمای کوپلینگ T_a											
	کوپلینگ	جنس الاستومر	دمای پایین °C	$\leq -30^\circ\text{C}$	$-30 < T_a \leq 50^\circ\text{C}$	$50 < T_a \leq 60^\circ\text{C}$	$60 < T_a \leq 70^\circ\text{C}$	$70 < T_a \leq 80^\circ\text{C}$	$80 < T_a \leq 90^\circ\text{C}$	$90 < T_a \leq 100^\circ\text{C}$	$100 < T_a \leq 110^\circ\text{C}$	$110 < T_a \leq 1200^\circ\text{C}$
N-EUPEX	NBR	-30	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
N-EUPEX	NR	-50	1.1	1	-	-	1.25	1.25	-	-	-	-
N-EUPEX	HNBR	-30	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
N-EUPEX DS	NBR	-30	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
RUPEX	NBR	-30	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
RUPEX	NR	-50	1.1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
RUPEX	HNBR	-30	-	1	1	1	1.25	1.25	-	-	-	-
BIPEX	TPU	-30	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
ELPEX	NR	-40	1.1	1	1.25	1.6	-	-	-	-	-	-
ELPEX-B	NR	-50	1.1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
ELPEX-B	CR	-15	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
ELPEX-S SN, NN, WN	NR	-40	1.1	1	1.25	1.6	-	-	-	-	-	-
ELPEX-S NX	VMQ	-40	1.1	1	1	1	1	1.1	1.25	1.4	1.6	

جدول ۶

نماد	جنس
NR	لاستیک طبیعی، لاستیکی طبیعی-ساختگی
NBR	لاستیک نیتریل بوتادن (پربونان)
HNBR	لاستیک بوتادن اکریلونیتریل هیدراته
CR	لاستیک کلروپرن
VMQ	سیلیکون
TPU	پلی اورتان

جدول ۷

نوع اتصال	روش توصیه شده
جاخاری طبق DIN 6885-1	DIN 6892
فیت کردن اقباضی	DIN 7190
هزارخار طبق DIN 5480	-
فلنج پیچ شده	VDI 2230
فلنج با close-fitting bolt	-

جمع بندی

با توجه به موارد ذکر شده، برای انتخاب کوپلینگ مناسب الگوریتم زیر ارائه می شود:

گام اول) تعیین شرایط کارکرد کوپلینگ

برای انتخاب کوپلینگ، اولین گام تسلط بر خواسته ها از کوپلینگ و شرایط محیطی حین کارکرد آن است. تعیین موارد عنوان شده در جدول ۱ اولین گام در انتخاب کوپلینگ مناسب است.

گام دوم) انتخاب سری

با توجه به خواسته ها و شرایط عملکردی تعیین شده در گام اول، همچنین با استفاده از کاتالوگ ارائه شده توسط کمپانی سازنده سری کوپلینگ انتخاب می شود.

گام سوم) تعیین ضریب کاربرد

با استفاده از جدول ۳ ضریب کاربرد مناسب تعیین می شود.

گام چهارم) تعیین ضریب دما

با استفاده از جدول ۵ ضریب دما مشخص می شود.

گام پنجم) تعیین بار ایده آل گشتاور روی کوپلینگ

بار گشتاوری که کوپلینگ تحمل می کند از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$T_N = 9550 \frac{P_N}{n_N}$$

گام ششم) تعیین بار واقعی گشتاور روی کوپلینگ

با ترتیب اثر دادن ضرایب کاربرد و دما می توان گشتاور ایده آل را به گشتاور واقعی تبدیل کرد:

$$T'_N = T_N \times FB \times FT$$

گام هفتم) تعیین گشتاور ماکزیمم واقعی

گشتاور ماکزیمم با توجه به دمای عملکرد کوپلینگ برابر است با:

$$T'_{max} = T_{max} \times FT$$

گام هشتم) تعیین گشتاور اضافه ظرفیت واقعی

گشتاور اضافه ظرفیت با توجه به دمای عملکرد کوپلینگ برابر است با:

$$T'_{KOL} = T_{KOL} \times FT$$

گام نهم) تعیین ضریب فرکانس کوپلینگ

۱. اگر فرکانس بار گشتاور دینامیکی کمتر از ۱۰ هرتز باشد، ضریب فرکانس برابر ۱ است.

۲. اگر فرکانس بار گشتاور دینامیکی بیشتر از ۱۰ هرتز باشد، ضریب فرکانس برابر $\sqrt{\left(\frac{f_{err}}{10}\right)}$ است. که در آن f_{err} فرکانس بار گشتاور دینامیکی است.

۳. اگر کوپلینگ از سری های ARPEX و ZAPEX باشد ضریب فرکانس همواره ۱ است.

گام دهم) تعیین بار دینامیکی واقعی کوپلینگ

بار دینامیکی واقعی کوپلینگ از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$T'_W = T_W \times FF \times \frac{1.5}{FB-1}$$

گام یازدهم) انتخاب سایز کوپلینگ

با مراجعه به کاتالوگ شرکت سازنده ی کوپلینگ، جدول خصوصیات سری کوپلینگ را پیدا کرده و سائزی را انتخاب می کنیم که تمامی شرایط جدول زیر را ارضا کند:

۱	$T_{KN} \geq T'_N$
۲	$T_{Kmax} \geq T'_{max}$
۳	$T_{KOL} \geq T'_{OL}$
۴	$T_{KW} \geq T'_W$
۵	$n_{Kmax} \geq n_{max}$
۶	ناهم محوری کمتر از ماکزیمم ناهم محوری کوپلینگ باشد.
۷	قطر کوپلینگ با قطر شفت همخوانی داشته باشد.
۸	نوع اتصال هاب و کوپلینگ مشخص شود.

منابع و مراجع

۱- استاندارد ایزو ۱۰۴۴۱

ISO 10441- Petroleum and natural gas industries- Flexible couplings for mechanical power transmission- Special purpose applications

شماره مرجع:

Bs EN ISO 10441:1999

۲- کاتالوگ کوپلینگ های فلندر

FLENDER standard couplings- Catalog MD 10.1.2009

۳- استاندارد ایزو ۱۰۴۴۱

ISO 10441- Petroleum and natural gas industries- Flexible couplings for mechanical power transmission- Special purpose applications

شماره مرجع:

Bs EN ISO 10441:1999