

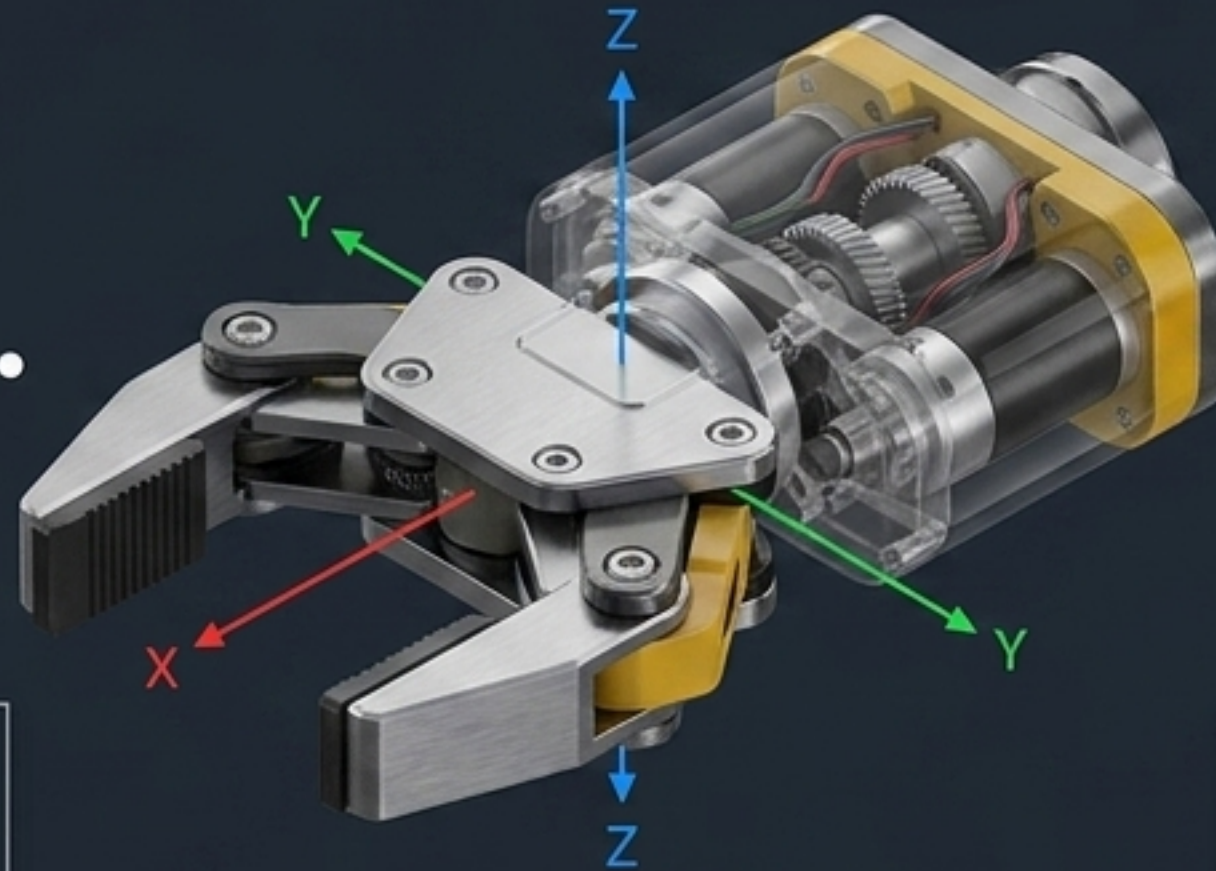
สถาปัตยกรรมและกลไก ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

เจาะลึกโครงสร้าง 3 มิติ ระบบแกน
X Y Z และกลไกการขับเคลื่อน



หัวใจของการควบคุมหุ่นยนต์: ตำแหน่งและทิศทาง

$$\text{Pose} = \text{Position} + \text{Orientation}$$



Position (ตำแหน่ง):

การระบุพิกัดในอวกาศสามมิติ

$$\mathbf{a} = (a_x, a_y, a_z)$$

(บอกว่าหุ่นยนต์ "อยู่ตรงไหน")

Orientation (ทิศทาง):

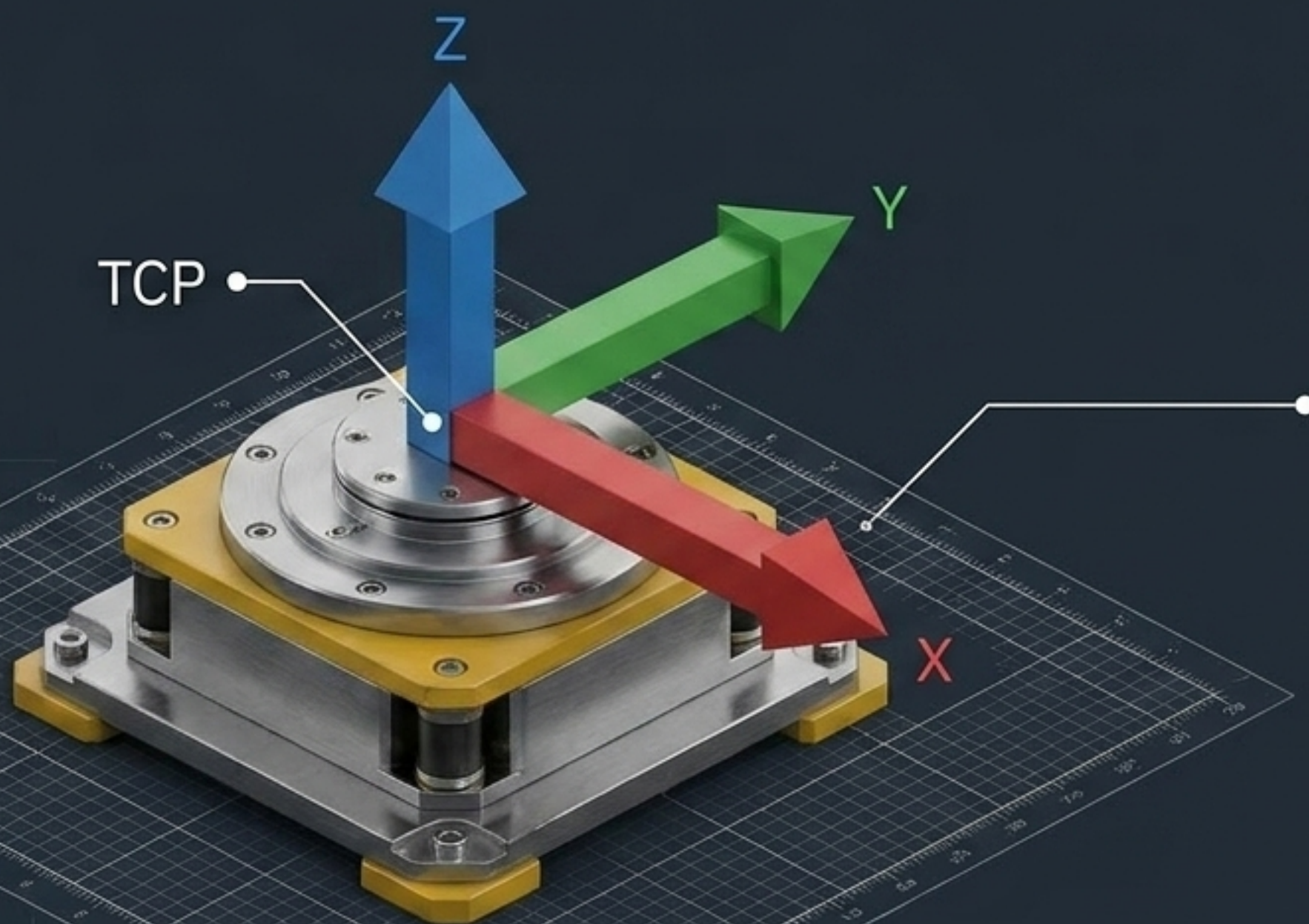
การระบุองศาการเอียงของปลายแขนกล

$$\mathbf{o} = (o_x, o_y, o_z)$$

(บอกว่าหุ่นยนต์ "หันหน้าไปทางไหน")

ระบบพิกัดและพื้นที่การทำงาน (Cartesian Space)

การเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง (Linear Motion) ของปลายเครื่องมือ (Tool Axis) จะอ้างอิงกับแกนพิกัดจาก 3 มิติ เพื่อสร้างเฟรมการทำงานที่สมบูรณ์



- แกน X (สีแดง): การเคลื่อนที่
เดินหน้า - ถอยหลัง
- แกน Y (สีเขียว): การเคลื่อนที่
ซ้าย - ขวา
- แกน Z (สีน้ำเงิน): การเคลื่อนที่
ขึ้น - ลง (ระดับความสูง)

กายวิภาคของหุ่นยนต์ 6 แกน (6 Degrees of Freedom)

โครงสร้างข้อต่อเชื่อมโยงกันเป็น "ห่วงโซ่จลนศาสตร์" (Kinematic Chain) ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์เพื่อให้ได้อิสระในการเคลื่อนที่ครบ 6 มิติ

J3: ข้อศอก
(Elbow pivot)

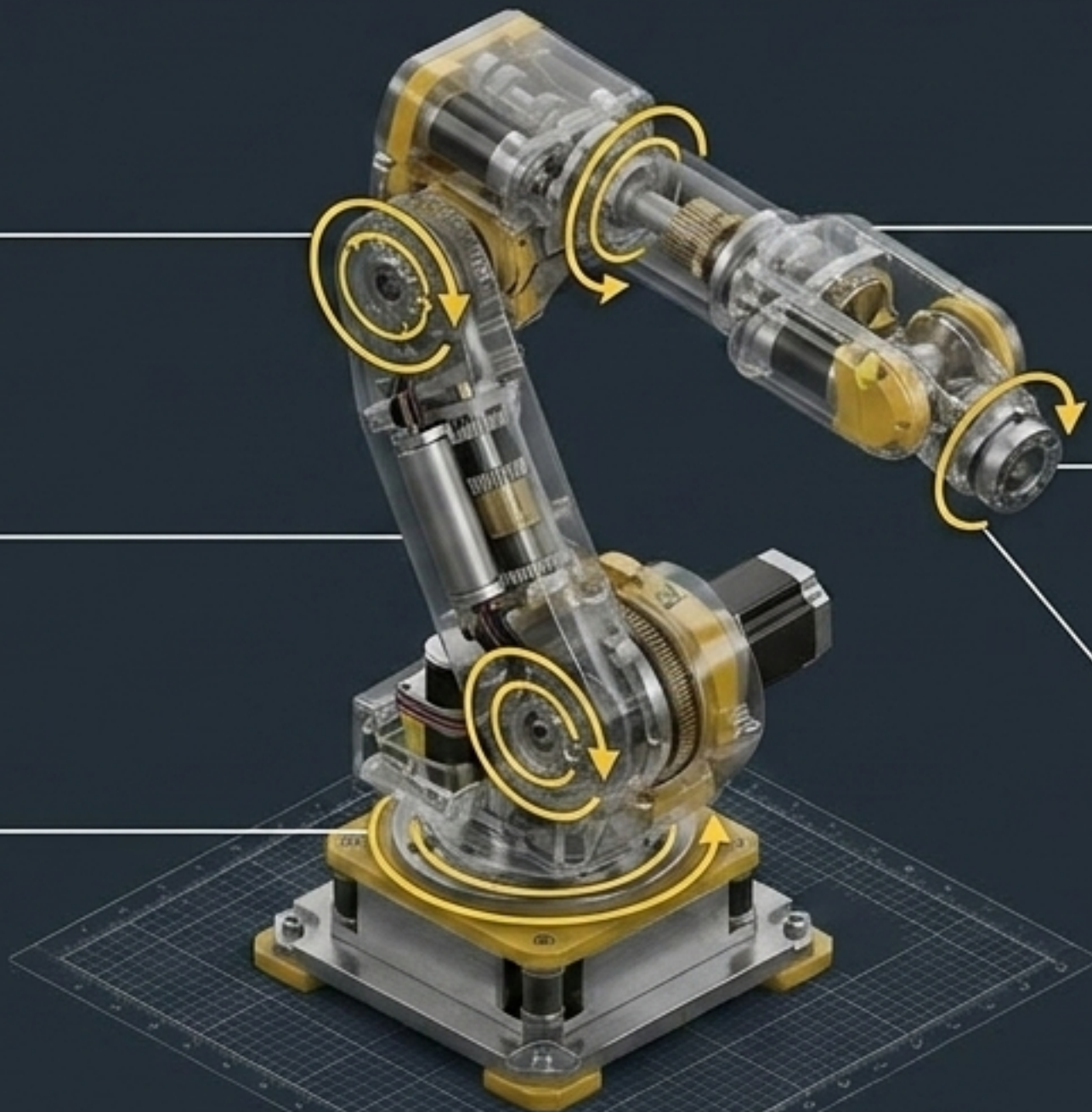
J2: แขนท่อนล่าง
(Lower arm pivot)

J1: ฐานหมุน
(Base rotation)

J4: แขนท่อนบนหมุน
(Upper arm twist)

J5: ข้อมือพับ
(Wrist pitch/yaw)

J6: หน้าแปลนหมุน
(Output flange roll)

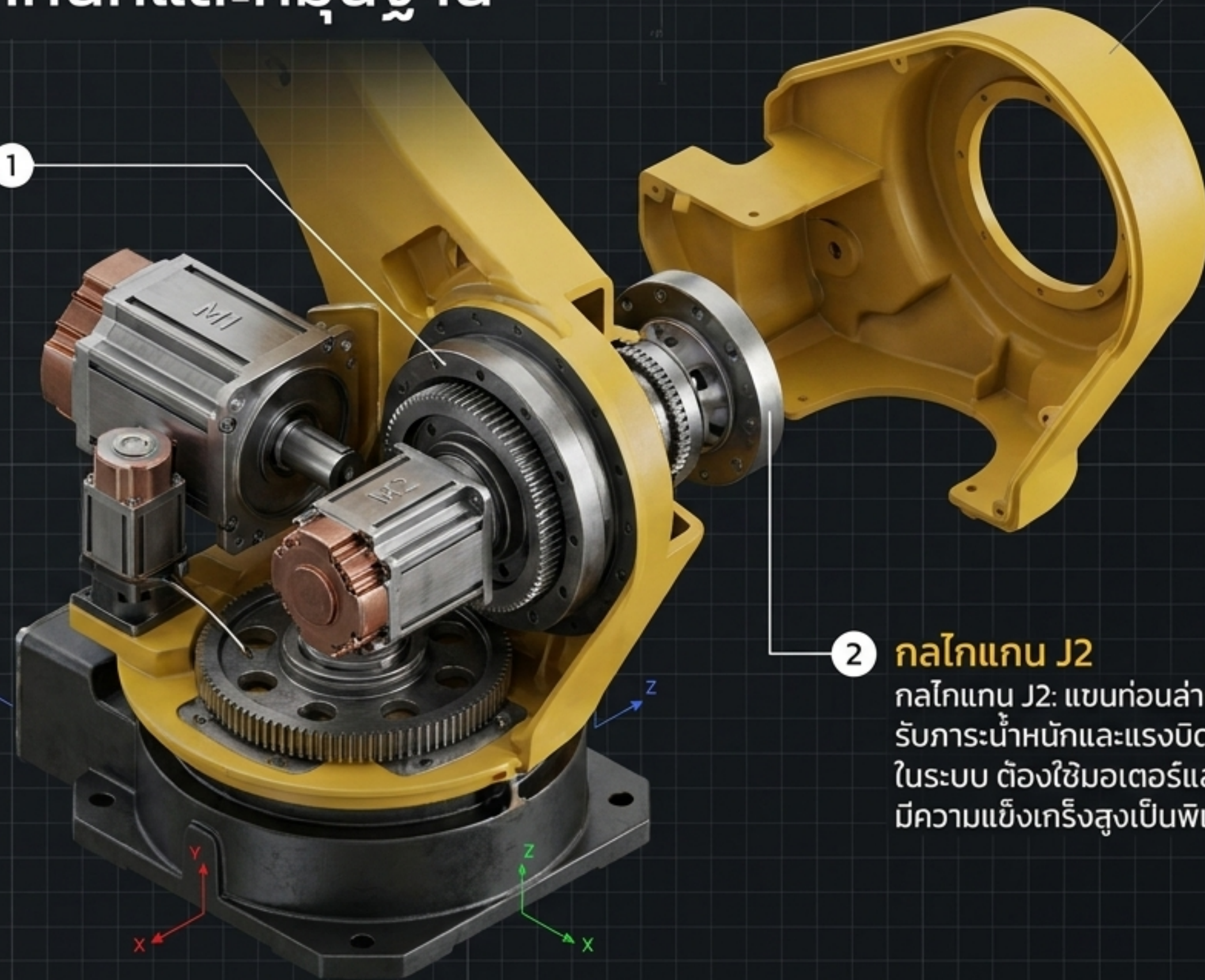


J1 & J2: แกนรับน้ำหนักและหมุนฐาน

กลไกแกน J1

กลไกแกน J1: ฐาน J2 ถูกหมุนโดยการลดความเร็วของ AC Servo Motor ผ่านชุดเกียร์ทดรอบขนาดใหญ่ที่ฐาน

1

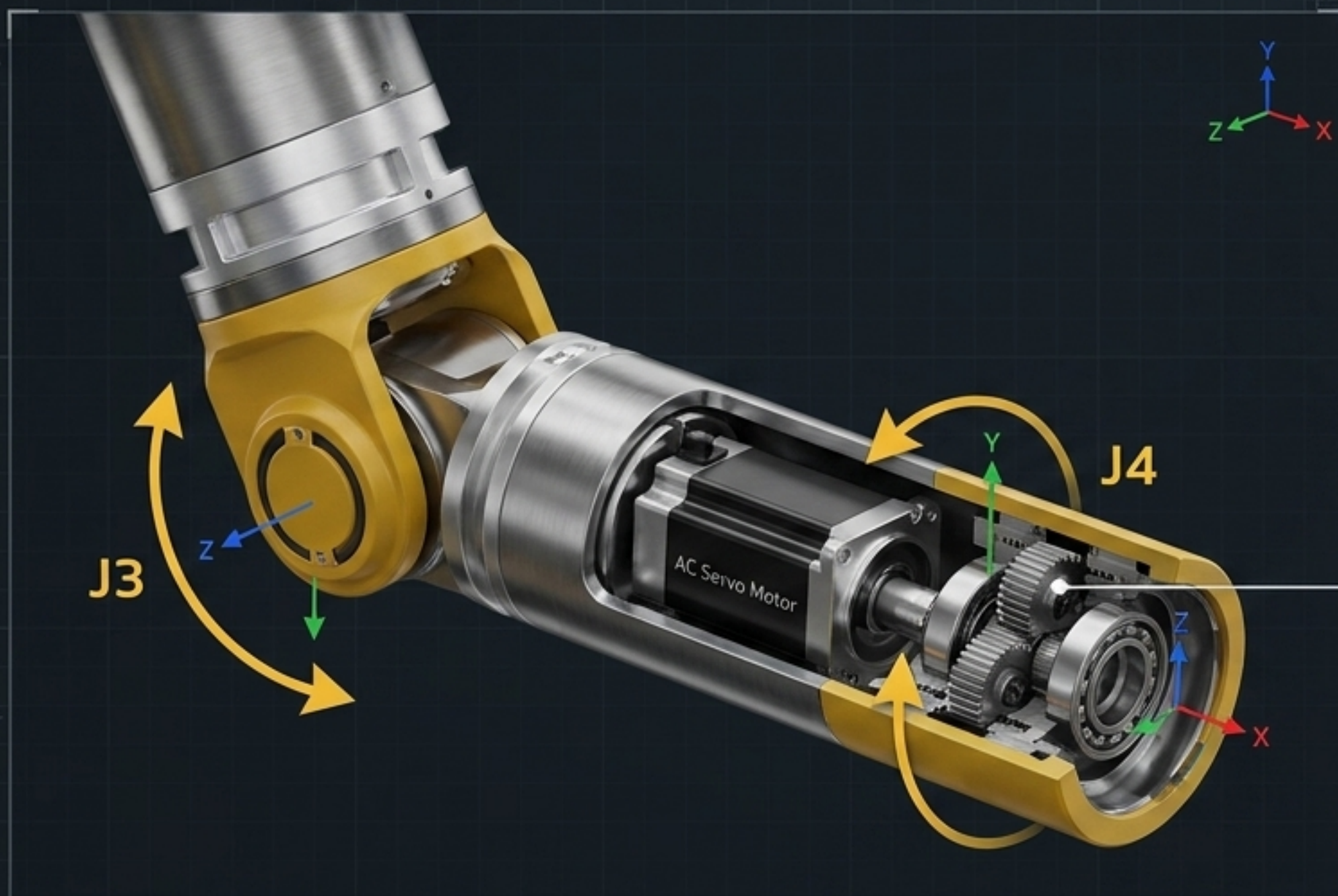


2

กลไกแกน J2

กลไกแกน J2: แขนท่อนล่าง (J2-axis arm) รับภาระน้ำหนักและแรงบิด (Torque) สูงที่สุดในระบบ ต้องใช้มอเตอร์และเกียร์ทดรอบที่มีความแข็งแรงสูงเป็นพิเศษ

J3 & J4: การเอียงและการบิดแกน



อุปกรณ์ขับเคลื่อนถูกออกแบบให้ย้ายมอเตอร์ขับเคลื่อนข้อต่อมาไว้ที่บริเวณข้อศอก เพื่อช่วย 'ลดมวลสะสม' ที่ปลายแขน

กลไกแกน J4: AC Servo Motor ทำงานร่วมกับชุดเกียร์แบบ 2 สเตจ (Two-stage gear) เพื่อควบคุมการบิดหมุนของแขนก่อนบน

J5 & J6: ข้อมือความละเอียดสูง สำหรับการจัดวางทิศทาง

แกนพับ J5: ขับเคลื่อนกลไกด้วยชุดเกียร์
3 สเตจ (Three-stage gear)
เพื่อปรับองศาการก้มเงยอย่างละเอียด

J6 (roll)

X

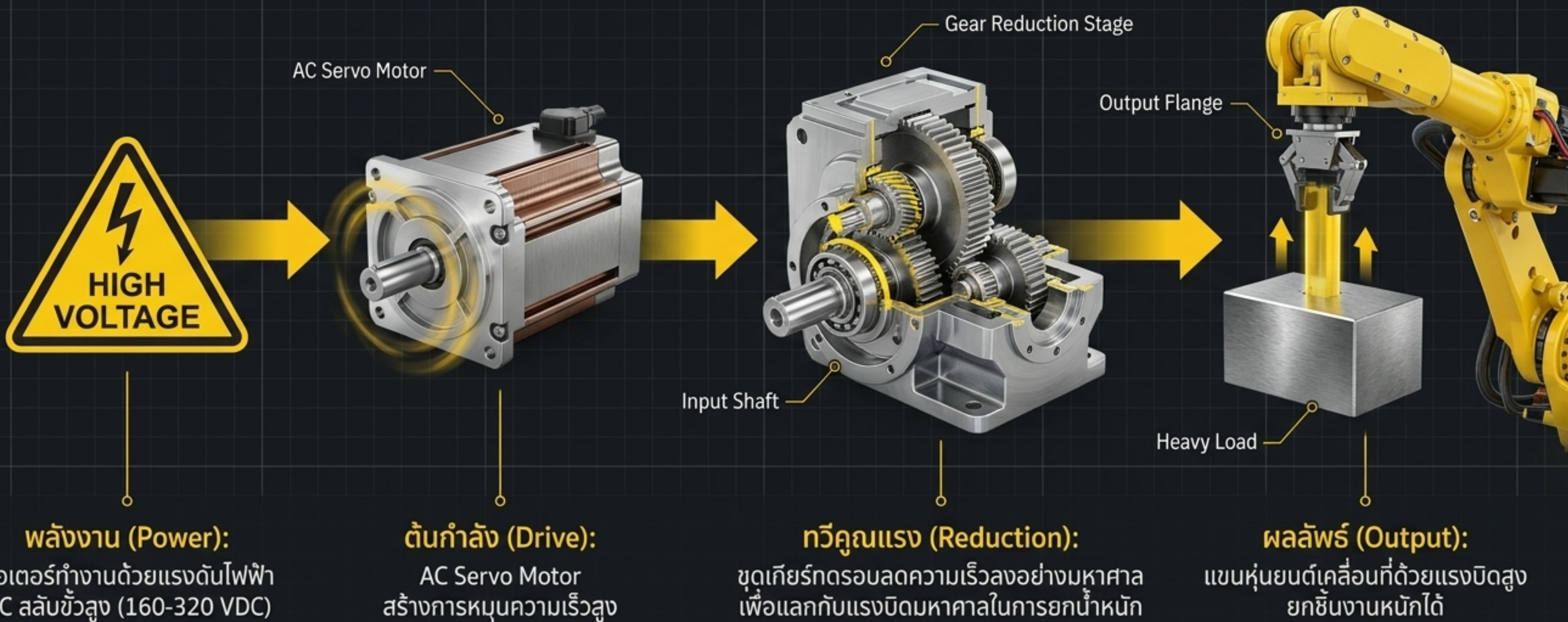
**J5
(pitch)**

**J5
(pitch)**

หน้าแปลน J6: ขับเคลื่อนด้วยเฟืองลดรอบตรงเข้า
สู่หน้าแปลน (Output Flange) เพื่อควบคุมการ
หมุนของเครื่องมือ (Tool) ด้วยความแม่นยำ
สูงสุด

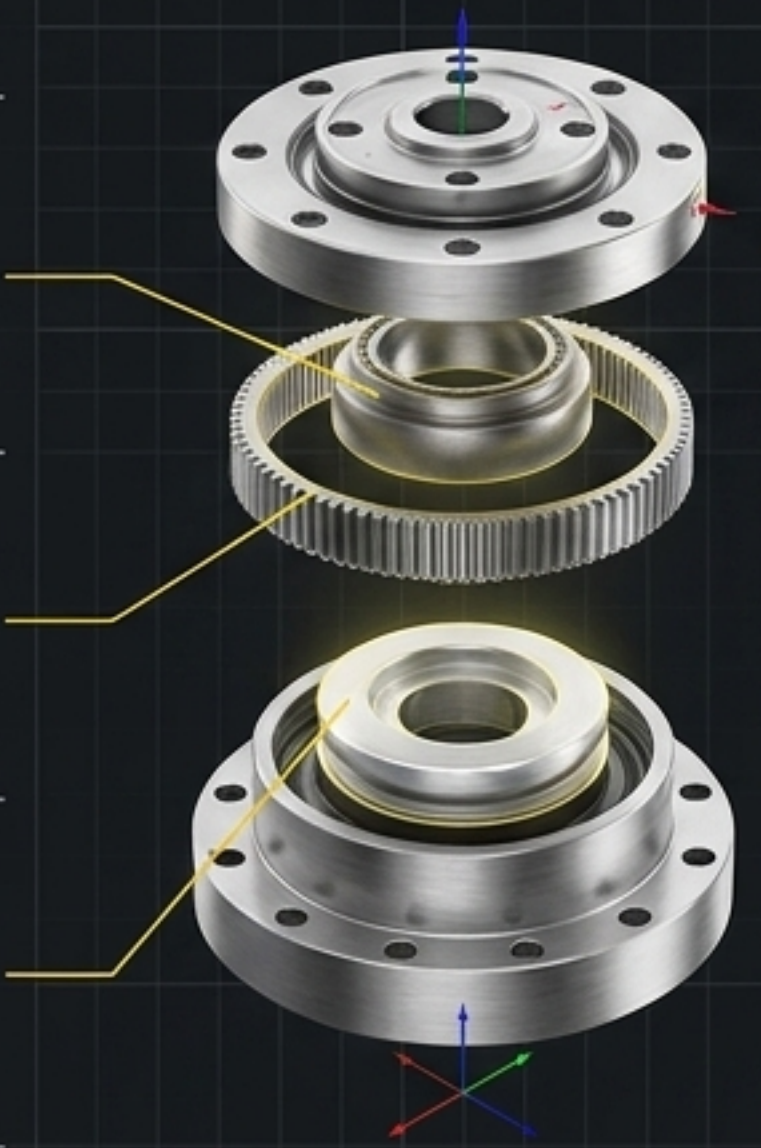
หลักการส่งกำลัง: เปลี่ยนความเร็วเป็นแรงบิด

กลไกการขับเคลื่อนทุกแกนอาศัยหลักการลดจำนวนรอบการหมุนเพื่อทวีคูณกำลังแรงบิด (Torque) คล้ายระบบเกียร์จักรยาน



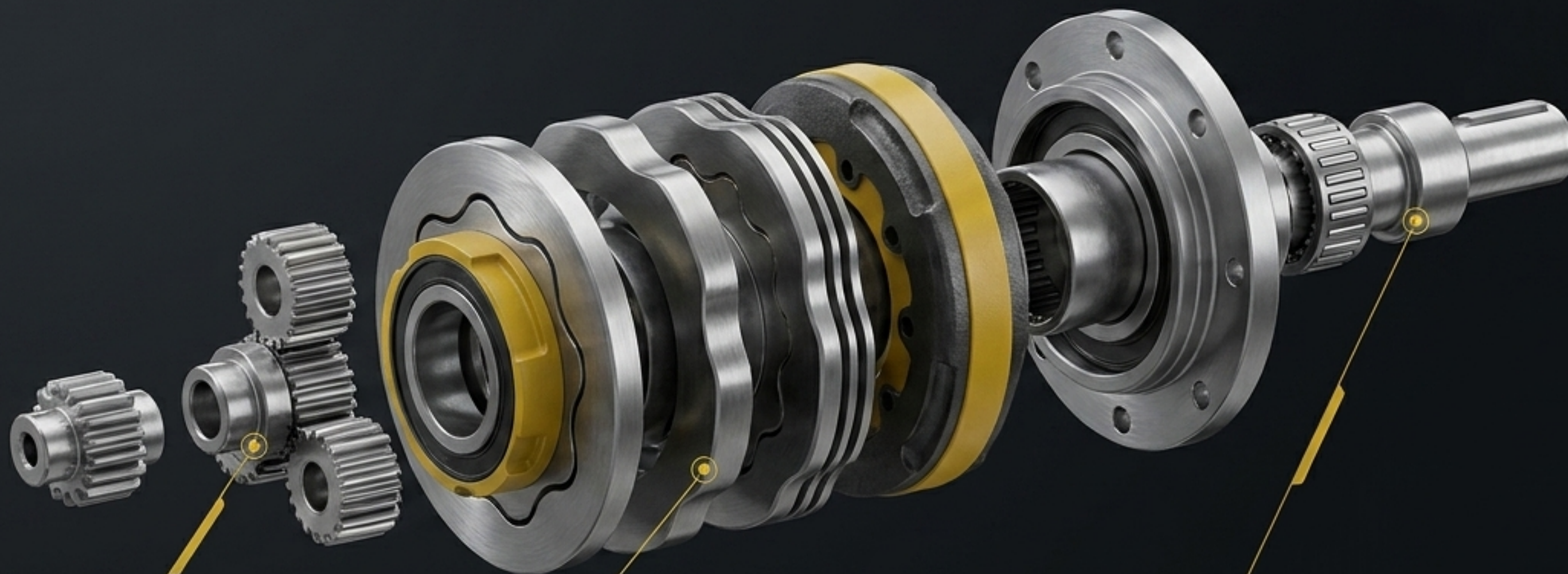
สถาปัตยกรรมเกียร์หลัก: RV Reducer vs Harmonic Drive

	คุณลักษณะ (Features)	 RV Reducer (เกียร์โซโคลดัล)	 Harmonic Drive (เกียร์ฮาร์โมนิก)
	โครงสร้าง/ Structure	มีสเกลลดรอบสองชั้น (เกียร์ดาวเคราะห์ + เกียร์โซโคลดัล)	เพลานอกรีต (Wave Generator), เฟืองวงแหวนยืดหยุ่น และเฟืองวงแหวนแข็ง
	ตำแหน่งติดตั้ง/ Location	แกนฐานที่รับแรงเค้น และแรงบิดสูง (แกน J1, J2, J3)	แกนข้อมือที่ต้องการ ความแม่นยำสูง และน้ำหนักเบา (แกน J4, J5, J6)
	คุณสมบัติเด่น/ Key Trait	ทนทานต่อแรง กระแทกได้ดีมาก, ความแข็งแรงสูง	น้ำหนักเบา, ขนาดกะทัดรัด, ไร้ระยะฟรี (Zero Backlash)



เจาะลึกกลไกเกียร์ทดรอบแบบ RV (Rotary Vector)

หัวใจทางกลศาสตร์ที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถรับน้ำหนักได้มหาศาลโดยไม่สูญเสียความแม่นยำ

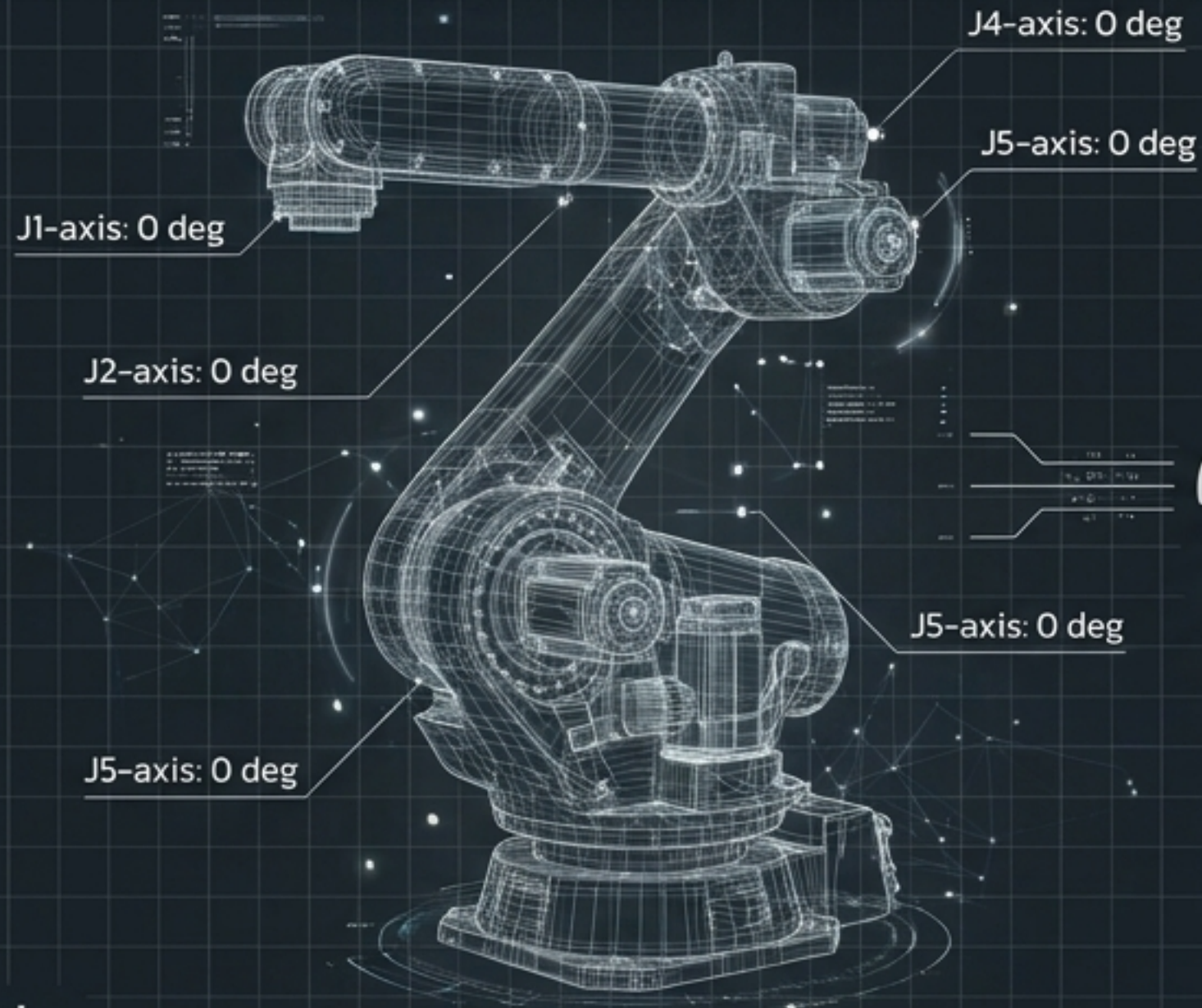


1. เกียร์ดาวเคราะห์ (Planetary Gear):
สเกจแรกของการลดความเร็วมอเตอร์

2. จานไซโคลดัล (Cycloidal Disc):
กระจายแรงบิดเพื่อลดความเค้นเฉพาะจุด
รองรับแรงกระแทกได้ดีเยี่ยม

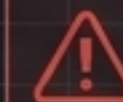
3. แกนส่งกำลัง (Output Shaft):
ส่งมอบแรงบิดมหาศาลสู่ข้อต่อหุ่นยนต์

Mastering: การเชื่อมต่อโลกดิจิทัลกับความเป็นจริง



Body

Mastering คือกระบวนการ “ตั้งค่าศูนย์” (Calibration) เป็นการทำให้สมองกล (Controller) รู้ตำแหน่งที่แท้จริงของกลไกทางกายภาพ โดยการจับคู่จุดอ้างอิงศูนย์ (Zero Position) เข้ากับค่าพัลส์ (Pulse Count) ของเอนโคเดอร์มอเตอร์



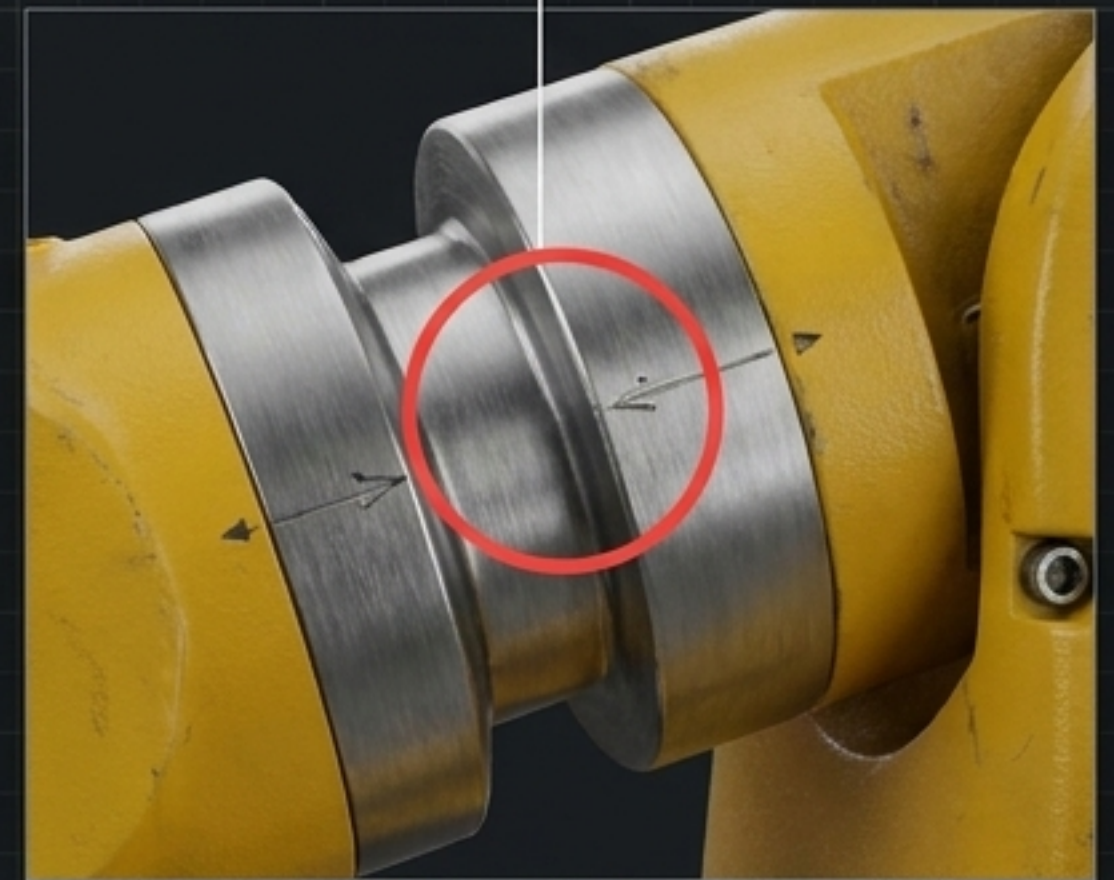
หากไม่มีการ Mastering ค่าพิกัด X, Y, Z ในซอฟต์แวร์จะไม่ตรงกับตำแหน่งจริงในอวกาศ ทำให้หุ่นยนต์ทำงานผิดพลาด

ตำแหน่งศูนย์และขีดอ้างอิง (Zero Position & Scribe Marks)

หุ่นยนต์แต่ละแกนจะมี "ขีดอ้างอิง" (Scribe marks) หรือจุดมาสเตอร์ทางกลที่ถูกสลักมาจากโรงงาน



- รอยขีดบนแกน J1 ถึง J6 ต้องหมุนมาให้ตรงกันพอดี
- เมื่อขีดทั้งหมดตรงกัน หุ่นยนต์จะอยู่ในท่าทาง "Zero Degree Posture" (ตำแหน่งศูนย์องศา) พร้อมสำหรับการบันทึกค่าฟิลส์ลงในระบบ



กระบวนการ Mastering: Quick vs. Single Axis

QUICK MASTERING

CONTEXT (บริบท)

ทำงานที่ตำแหน่งอ้างอิงที่ผู้ใช้กำหนด (รวดเร็ว)

DETAIL (รายละเอียด)

อาศัยหลักการที่ว่าค่าสัมบูรณ์ขององศาการหมุนภายใน "หนึ่งรอบมอเตอร์" จะไม่สูญหาย

SINGLE AXIS MASTERING

CONTEXT (บริบท)

ใช้เมื่อสูญเสียข้อมูลพิกัดเฉพาะแกน (เช่น แบตเตอรี่สำรองหมดหรือเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่)

DETAIL (รายละเอียด)

บังคับให้ดำเนินการตั้งศูนย์ใหม่ "ทีละหนึ่งแกน" (One axis at a time) ผ่านเมนู Master/Cal

SYSTEM
CALIBRATE & EXECUTE

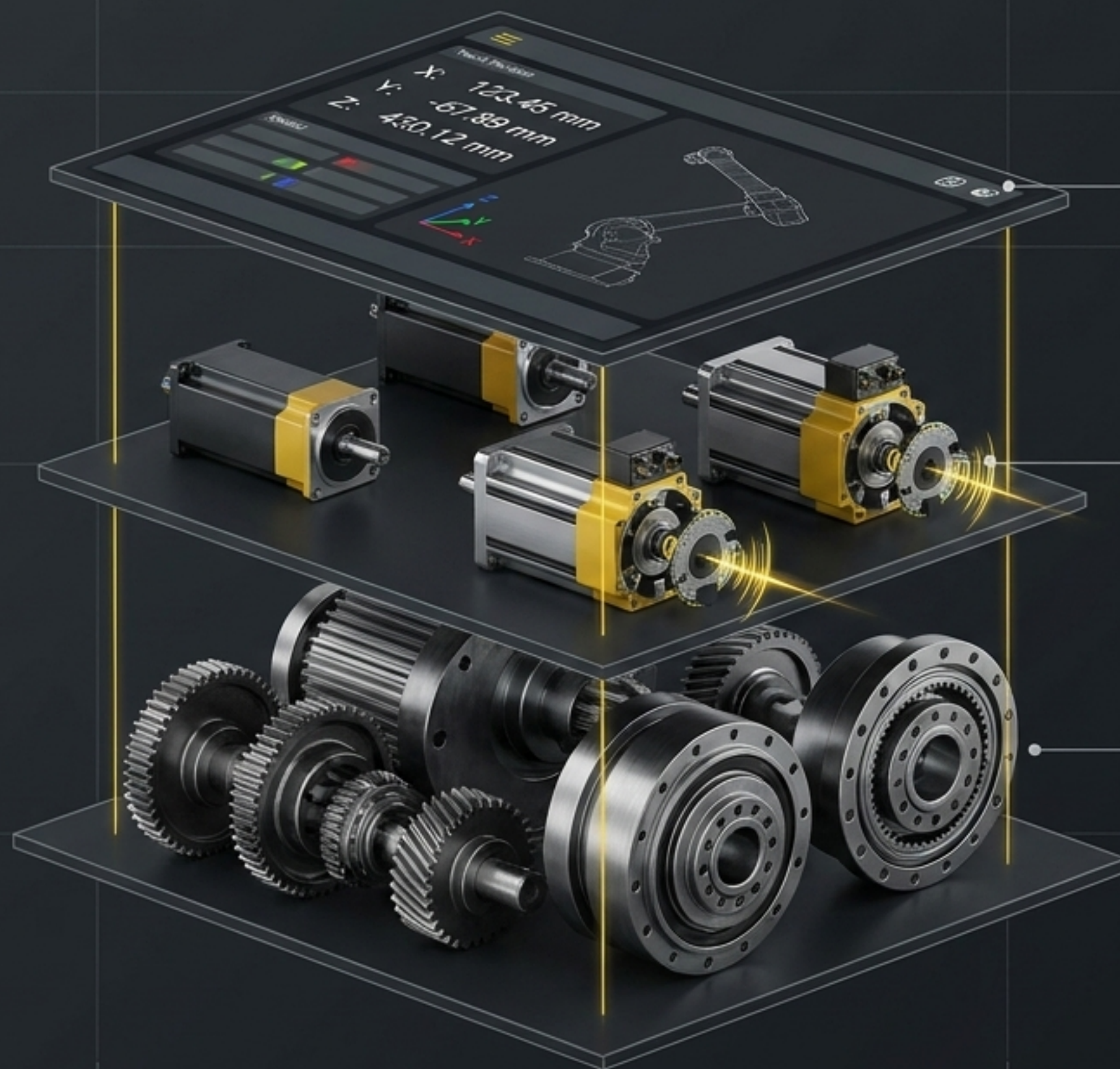
Motor Rotation Data

Absolute Encoder Position

Battery Failure
(Loss of Data)

One Axis
Calibration

เมคคาทรอนิกส์: การปฏิบัติงานอย่างสมบูรณ์แบบ



ความแม่นยำระดับมิลลิเมตรไม่ได้
เกิดจากชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่ง
แต่เกิดจาก **ระบบกลไกไร้ระยะฟรี
(Zero Backlash)**
ที่ทนทาน ผสานกับ
กับ **เอนโคเดอร์**
ที่อ่านพิกัดนับแสนพัลส์ต่อวินาที
และ **ซอฟต์แวร์** ที่แปลงค่ามุม
ข้อต่อให้กลายเป็นพิกัด X, Y, Z
ในอวกาศแบบเรียลไทม์

บทสรุป: สถาปัตยกรรมแห่งความแม่นยำ



Spatial Logic:

การควบคุมพิกัด X, Y, Z เกิดจากการคำนวณ
ข้อต่อ 6 องศาอิสระ (J1-J6) อย่างซับซ้อน

Mechanical Power:

มอเตอร์และเกียร์ (RV/Harmonic) ทำหน้าที่
แปลงความเร็วเป็นแรงบิดที่ทรงพลังและแม่นยำ

Calibration:

ระบบ Mastering คือสะพานเชื่อมระหว่าง
โลกความจริงและสมองกล

ความเข้าใจลึกซึ้งในสถาปัตยกรรมเหล่านี้ คือกุญแจสำคัญสู่ความเป็นเลิศในการบำรุงรักษาและการโปรแกรมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมขั้นสูง