

# 일, 에너지, 파워의 관계 정리

## (선형 및 회전 운동, 기호: $d, J$ 사용)

작성자: 산업계측제어기술사 분석가

May 3, 2026

### Abstract

본 문서는 선형 운동과 회전 운동 관점에서 일(Work), 에너지(Energy), 파워(Power)의 관계를 정리한다. 사용되는 기호는 요청에 따라 거리  $d$ 와 관성모멘트  $J$ 를 사용하며, 각 약어(기호)의 의미와 단위를 명확히 검증하여 표로 제시한다. Overleaf(LaTeX)에서 바로 사용할 수 있도록 수식과 예시를 포함하였다.

## 1 기호 및 단위 검증

아래 표는 본 문서에서 사용하는 기호(약어)와 그 의미 및 SI 단위를 정리한 것이다. 주의: 물리학·공학 문헌에서 관성모멘트는 보통  $I$ 로 표기되지만, 요청에 따라 본 문서에서는  $J$ 를 관성모멘트(회전 관성)로 사용한다. 또한 대문자  $J$ 는 관성모멘트로 사용될 때 단위는  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 이며, 소문자  $J$  또는 기호 'J'가 줄(Joule, 에너지 단위)과 혼동되지 않도록 문맥상 구분해야 한다.

Table 1: 기호(약어) 검증 표

기호	의미	SI 단위
$W$	일 (Work)	$\text{J} = \text{N m}$
$E$	에너지 (Energy)	$\text{J}$
$P$	파워 (Power)	$\text{W} = \text{J s}^{-1}$
$F$	힘 (Force)	$\text{N} = \text{kg m s}^{-2}$
$m$	질량 (Mass)	$\text{kg}$
$J$	관성모멘트 (Moment of inertia) (문서 표기)	$\text{kg m}^2$
$\alpha$	각가속도 (Angular acceleration)	$\text{rad s}^{-2}$
$a$	선형 가속도 (Linear acceleration)	$\text{m s}^{-2}$
$d$	거리 / 변위 (Distance / displacement)	$\text{m}$
$\tau$	토크 (Torque)	$\text{N m}$
$\omega$	각속도 (Angular velocity)	$\text{rad s}^{-1}$
$v$	선형 속도 (Linear velocity)	$\text{m s}^{-1}$

## 검증 메모

- $J$ 를 관성모멘트로 사용하는 것은 공학 문헌에서 허용되나,  $J$ 는 일반적으로 줄(Joule, 에너지 단위)의 기호이므로 문맥상 혼동을 피하기 위해 관성모멘트는  $J$  (이탈릭 수식 기호)로 표기하고, 에너지 단위는  $J$ 로 명확히 표기한다.
- 각속도  $\omega$ 와 각가속도  $\alpha$ 의 단위는 라디안 기반이며, 라디안은 무차원(단위 표기에서는 rad 사용 가능).

## 2 기본 정의 및 수식

### 2.1 일 (Work)

**선형 운동** 힘  $F$ 가 물체를 변위  $d$ 만큼 이동시킬 때 한 일은

$$W = \int_{d_1}^{d_2} F(d) dd.$$

힘이 일정할 경우,

$$W = F d \quad (\text{J}).$$

**회전 운동** 토크  $\tau$ 가 각변위  $\theta$ 만큼 회전시킬 때 한 일은

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau(\theta) d\theta.$$

토크가 일정할 경우,

$$W = \tau \theta \quad (\text{J}).$$

### 2.2 에너지 (Energy)

**선형 운동에너지** 질량  $m$ 을 가진 물체의 운동에너지는

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{J}),$$

여기서  $v$ 는 선형 속도이다.

**회전 운동에너지** 관성모멘트  $J$ 와 각속도  $\omega$ 에 대한 회전 운동에너지는

$$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2}J\omega^2 \quad (\text{J}).$$

**일-에너지 정리** 외력이 한 일은 운동에너지의 변화와 같다:

$$W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2).$$

### 2.3 파워 (Power)

파워는 단위시간당 한 일이다:

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (\text{W}).$$

**선형 표현** 순간 파워는 힘과 속도의 곱:

$$P = Fv,$$

만약  $F = ma$ 이면

$$P = mav.$$

**회전 표현** 순간 파워는 토크와 각속도의 곱:

$$P = \tau\omega,$$

만약  $\tau = J\alpha$ 이면

$$P = J\alpha\omega.$$

### 3 선형과 회전의 대응 관계

반지름  $r$ 을 사용한 선형-회전 대응:

$$v = \omega r, \quad a_t = \alpha r, \quad d = r\theta.$$

힘과 토크의 관계:

$$\tau = Fr.$$

따라서 선형 일  $W = Fd$ 는 회전으로 쓰면

$$W = \tau\theta \quad (\text{왜냐하면 } d = r\theta).$$

### 4 요약 공식 모음

$$W = Fd = \tau\theta \quad (\text{J})$$

$$F = ma, \quad \tau = J\alpha$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2, \quad E_{\text{rot}} = \frac{1}{2}J\omega^2$$

$$P = \frac{dW}{dt} = Fv = \tau\omega = mav = J\alpha\omega$$

## 5 간단한 예제

### 5.1 선형 예제

질량  $m = 2 \text{ kg}$ 인 물체를 정지 상태에서 속도  $v = 3 \text{ m s}^{-1}$ 까지 가속시켰을 때의 일(운동에너지)은

$$W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 = 9 \text{ J}.$$

### 5.2 회전 예제

관성모멘트  $J = 0.5 \text{ kg m}^2$ 인 회전체를 각속도  $\omega = 10 \text{ rad s}^{-1}$ 까지 가속시켰을 때의 회전 운동에너지는

$$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 10^2 = 25 \text{ J}.$$

## 6 주의사항 및 권고

- 본 문서에서는 요청에 따라 관성모멘트를  $J$ 로 표기하였다. 그러나 많은 교재와 논문에서는 관성모멘트를  $I$ 로 표기하므로, 다른 문헌과 혼용할 경우 표기 차이로 인한 혼동이 발생할 수 있다. 가능하면 문서 초반에 기호 정의 표를 명시하여 혼동을 방지하라.
- $J$ 는 에너지 단위인 줄(Joule)과 기호가 동일하므로, 수식과 단위를 명확히 구분하여 표기(예: 관성모멘트는 이탤릭 수식  $J$ , 에너지 단위는  $\text{J}$ )할 것을 권고한다.

## 7 참고: 기호 요약(빠른 참조)

$W$	일 (Work), 단위: J
$E$	에너지 (Energy), 단위: J
$P$	파워 (Power), 단위: W
$F$	힘 (Force), 단위: N
$m$	질량 (Mass), 단위: kg
$J$	관성모멘트 (Moment of inertia), 단위: $\text{kg m}^2$
$\alpha$	각가속도 (Angular acceleration), 단위: $\text{rad s}^{-2}$
$a$	선형 가속도 (Linear acceleration), 단위: $\text{m s}^{-2}$
$d$	거리/변위 (Distance), 단위: m
$\tau$	토크 (Torque), 단위: N m
$\omega$	각속도 (Angular velocity), 단위: $\text{rad s}^{-1}$
$v$	선형 속도 (Linear velocity), 단위: $\text{m s}^{-1}$