☐ بازنویسی دستگاه معادلات (27) :

از معادله (16) داریم :

$$\underbrace{\dot{q}(a,t)}_{①} = \underbrace{v\,\psi(t)}_{②} + \underbrace{(l-a)\,\dot{\psi}(t)}_{③} - \underbrace{\frac{v}{\sigma}\,q(a,t)}_{④}$$

$Q(T) = \frac{1}{a}\big(q(a,T)\big)$

با تغییر متغیرهای $T \equiv \frac{v}{2a}t$ خواهیم داشت :

$$① \Rightarrow \dot{q}(a,t) = \frac{dq(a,t)}{dt} = \frac{dq(a,t)}{dT}\frac{dT}{dt} = \frac{dq(a,\frac{2a}{v}T)}{dT}\frac{dT}{dt}$$

$$= \frac{2a}{v}\frac{dq}{dT}\frac{v}{2a} = \frac{dq}{dT} = \frac{d}{dT}q(a,T) = \frac{d}{dT}\big(aQ(T)\big) = a\dot{Q}(T)$$

$$② \Rightarrow v\,\psi(t) = v\,\psi\!\left(\frac{2a}{v}T\right) \cong 2a\,\psi(T)$$

$$③ \Rightarrow (l-a)\,\dot{\psi}(t) = (l-a)\frac{d\psi(t)}{dt} = (l-a)\frac{d\psi(t)}{dT}\frac{dT}{dt}$$

$$= (l-a)\frac{d\psi(\frac{2a}{v}T)}{dT}\frac{dT}{dt} = (l-a)\frac{2a}{v}\frac{d\psi(T)}{dT}\frac{v}{2a}$$

$$= (l-a)\,\dot{\psi}(T)$$

$$④ \Rightarrow \frac{v}{\sigma}q(a,t) = \frac{v}{\sigma}q\!\left(a,\frac{2a}{v}T\right) = \frac{v}{\sigma}\frac{2a}{v}q(a,T)$$

$$= \frac{2a}{\sigma}q(a,T) = \frac{2a}{\sigma}\big(aQ(T)\big) = \frac{2a^2}{\sigma}Q(T)$$

Scanned with CamScanner

با جایگذاری عبارات ① تا ④ در معادله اولیه متن قبل:

$$a\dot{Q}(T) = 2a\phi(T) + (\ell-a)\dot{\phi}(T) - \frac{2a^2}{\sigma}Q(T)$$

$$\xrightarrow[a]{\text{طرفین تقسیم بر}} \dot{Q}(T) = 2\phi(T) + \left(\frac{\ell}{a}-1\right)\dot{\phi}(T) - \frac{2a}{\sigma}Q(T)$$

و پارامترهای بدون بعد زیر را تعریف می‌نماییم:

$$L = \frac{\ell}{a}$$

$$\Sigma = \frac{\sigma}{a}$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\boxed{\dot{Q}(T) = 2\phi(T) + (L-1)\dot{\phi}(T) - \frac{2}{\Sigma}Q(T)}$$

که معادله ناشی از سطر دوم معادله ماتریسی (27)

* همچنین با تعریف سرعت زاویه‌ای بدون بعد Ω برحسب پارامتر زمانی بدون بعد T به صورت زیر معادله سطر اول معادله ماتریسی (27) بدست آمده است:

$$\Omega(T) = \dot{\phi}(T)$$

→ معادله ثانی نیز، مطابق روابط بالا
معادلات تعریف شده است.