**PEMFC System Modeling**

یک مدل مرتبه 9 برای سیستم PEMFC در نظر گرفته شده است.

$$\dot{x}=f\left(x,u\right)$$

$$x=[m\_{O\_{2 } } m\_{H\_{2} } m\_{N\_{2} } ω\_{cp}\_{ } P\_{sm} m\_{sm} m\_{w,an} m\_{w,ca} P\_{rm} ]^{T}$$

$$u=v\_{cm}$$

با در نظر گرفتن فرض های زیر میتوان مدل غیرخطی ارائه شده را ساده کرد:

* تامین هیدروژن می‌تواند با دقت تقاضای واکنش را پیگیری کند.
* دما و رطوبت واکنش دهنده های ورودی به خوبی کنترل می‌شود.
* تمرکز بر کنترل جریان اکسیژن سیستم PEMFC است (Air-Supply SubSystem).

|  |  |
| --- | --- |
| $$λ\_{o\_{2 } }→ Oxygen Excess Ratio (OER)$$$$W\_{O\_{2 },ca,in }→ Inlet Mass Flow Of The Cathode $$$$W\_{O\_{2 },reacted }→ Required Mass Flow Of The Cathode$$ | $$λ\_{o\_{2 } }=\frac{W\_{O\_{2 },ca,in }}{W\_{O\_{2 },reacted }}$$ |

$$\dot{x}=f\left(x,u\right)$$

$$x=[m\_{O\_{2 } } m\_{N\_{2} } ω\_{cp}\_{ } P\_{sm} m\_{sm} P\_{rm} ]^{T}$$

$$u=v\_{cm}$$

$$\frac{dm\_{O\_{2 } }}{dt}=W\_{O\_{2 },ca,in }-W\_{O\_{2 },ca,out }-W\_{O\_{2 },reacted }$$

$$\frac{dm\_{N\_{2 } }}{dt}=W\_{N\_{2 },ca,in }-W\_{N\_{2 },ca,out }$$

$$\frac{dω\_{cp}\_{ }}{dt}=\frac{(τ\_{cm}-τ\_{cp})}{J\_{cp}}$$

$$\frac{dP\_{sm}\_{ }}{dt}=\frac{γR\_{a}}{V\_{sm}}(W\_{cp}T\_{cp,out}-W\_{sm,out}T\_{sm})$$

$$\frac{dm\_{sm}\_{ }}{dt}=W\_{cp}-W\_{sm,out}$$

$$\frac{dP\_{rm}\_{ }}{dt}=\frac{R\_{a}T\_{rm}}{V\_{rm}}(W\_{ca,out}-W\_{rm,out})$$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parameter | - | Subscripts | - |
| $$m$$ | Mass (kg) | $$O\_{2 }$$ | Oxygen |
| $$P$$ | Pressure (pa) | $$N\_{2 }$$ | Nitrogen |
| $$W$$ | Mass flow rate (kg/s) | $$H\_{2}$$ | Hydrogen |
| $$V$$ | Volume ($m^{3}$) | $$cp$$ | Compressor |
| $$I$$ | Current density of the fuel cell (A) | $$sm$$ | Supply manifold |
| $$ω$$ | Angular velocity (rad/s) | $$an$$ | Anode |
| $$τ\_{cm}$$ | The compressor motor torque input (Nm) | $$ca$$ | Cathode |
| $$τ\_{cp}$$ | Torque needed to drive the compressor (Nm) | $$rm$$ | Return manifold |
| $$v\_{cp}$$ | Compressor Voltage | $$in$$ | Input |
| $$J\_{cp}$$ | Compressor Inertia (kg.$m^{2}$) | $$out$$ | Output |
| $$γ$$ | Rate of specific heat of Air = 1.4 | $$st$$ | Fuel cell stack |

**Reference:**

[1]. Hu H, Ou K, Yuan WW. Fused multi-model predictive control with adaptive compensation for proton exchange membrane fuel cell air supply system. Energy. 2023 Jul 21:128459.

[2]. Pukrushpan JT. Modeling and control of fuel cell systems and fuel processors. University of Michigan; 2003.

**Control Input**

Diagram of the stack current change.

|  |  |
| --- | --- |
| مدل سیستم بر اساس مدل خطی شده‌ی PEMFC در فاز های توان بالا و توان پایین | مدل سیستم |
| - | روش کنترلی |
| * مقایسه کنترل کننده پیشنهادی با مدل پایه
* عملکرد سیستم تحت شرایط باری مختلف (توان خالص خروجی($P\_{net}$) بر حسب OER)
* مقایسه خطای ردیابی OER توسط کنترل کننده ها
* مقایسه پاسخ ولتاژ توسط کنترل کننده ها
* منحنی برازش جریان پشته ($I\_{st}$) و مقدار بهینه OER
* بررسی همگرایی توان خالص خروجی به توان مرجع
* تغییرات جریان بار ($I\_{st}$) برحسب زمان
* مقایسه مقدار واقعی $W\_{cp}$و مقدار مرجع$W\_{cp,ref}$ نرخ جریان کمپرسور
* خطای ردیابی نرخ جریان کمپرسور
 | نتایج مورد انتظار |
| - | تحلیل ها |