

# mean-driven的实验

我们选择 $N_{input} = 200, N = 600$ 完成mean-driven的实验

## 参数对应

由于理论模型是无量纲的模型，因此我们在与实际模型对应时需要考虑对应的问题，我们考虑如下的方程：

$$r_E = g(I_E + k_{EE} * r_E - k_{EI} * r_I) \tag{2}$$

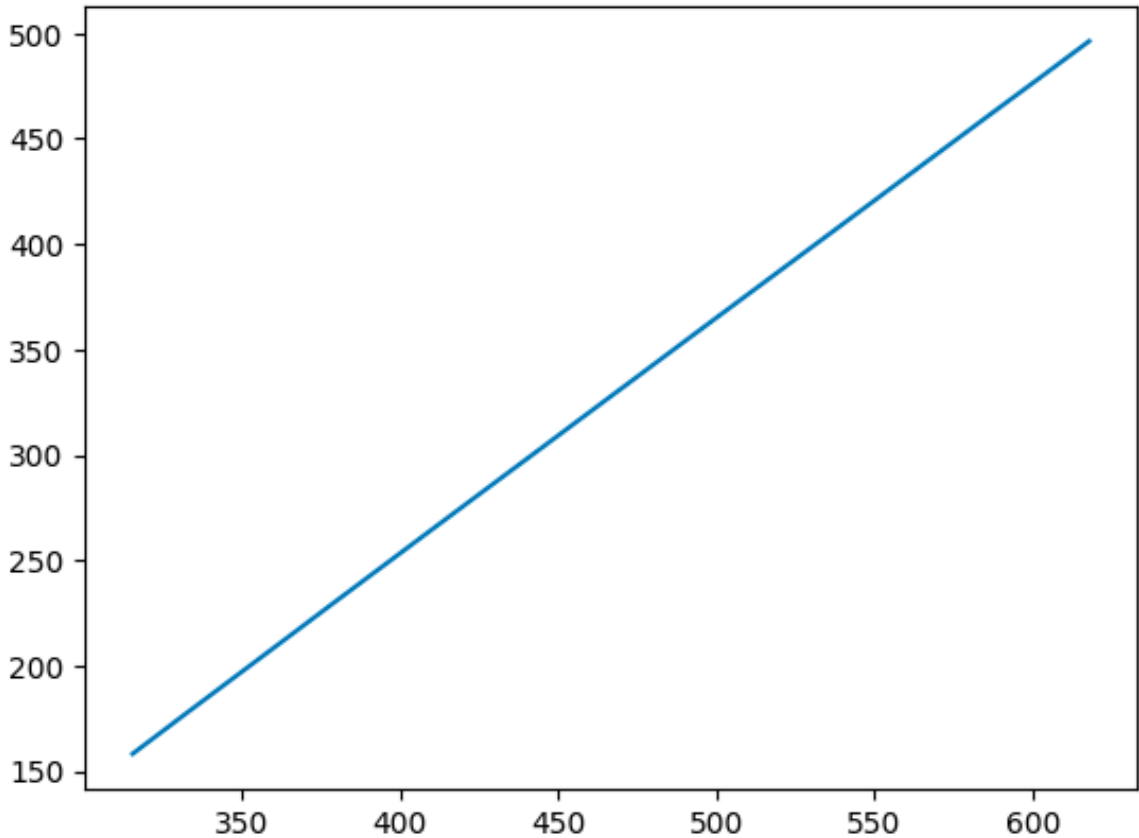
$$r_I = g(I_I + k_{IE} * r_E) \tag{3}$$

其中， $k_{XY} = \alpha_{XY} \exp(-x^2/(2\sigma^2))$ ，我们固定 $g = 1$ ，固定 $r_E, r_I$ 的理论值与实际值相等，因此我们需要确认 $I_E, I_I, \alpha_{XY}$ 的值，特别地，我们只需要在基频时完成对应。

## 无连接情况下确定 $I_E, I_I$

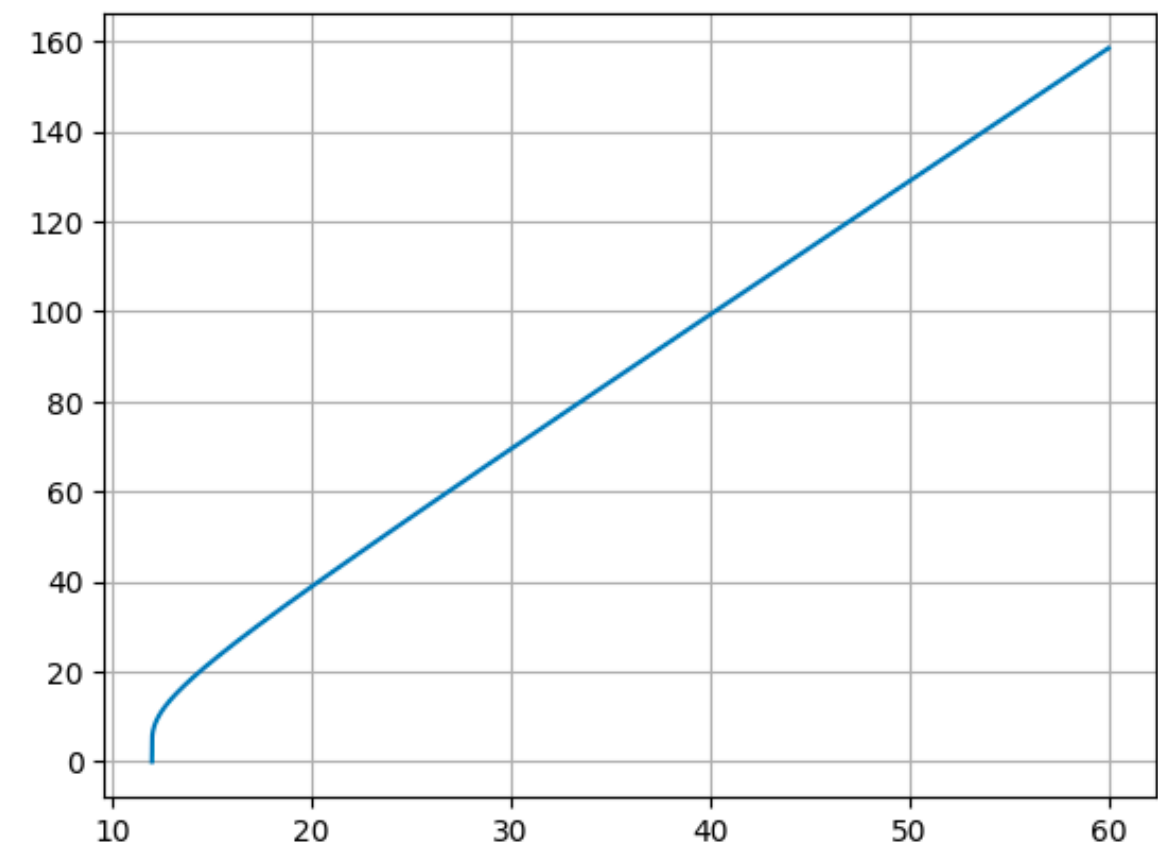
$$r_E = I_E = kI_E^T + b \tag{4}$$

其中， $I_E^T$ 为实验中测得的值，其单位为mA。我们需要确定k与b的值来完成电流值的对应：

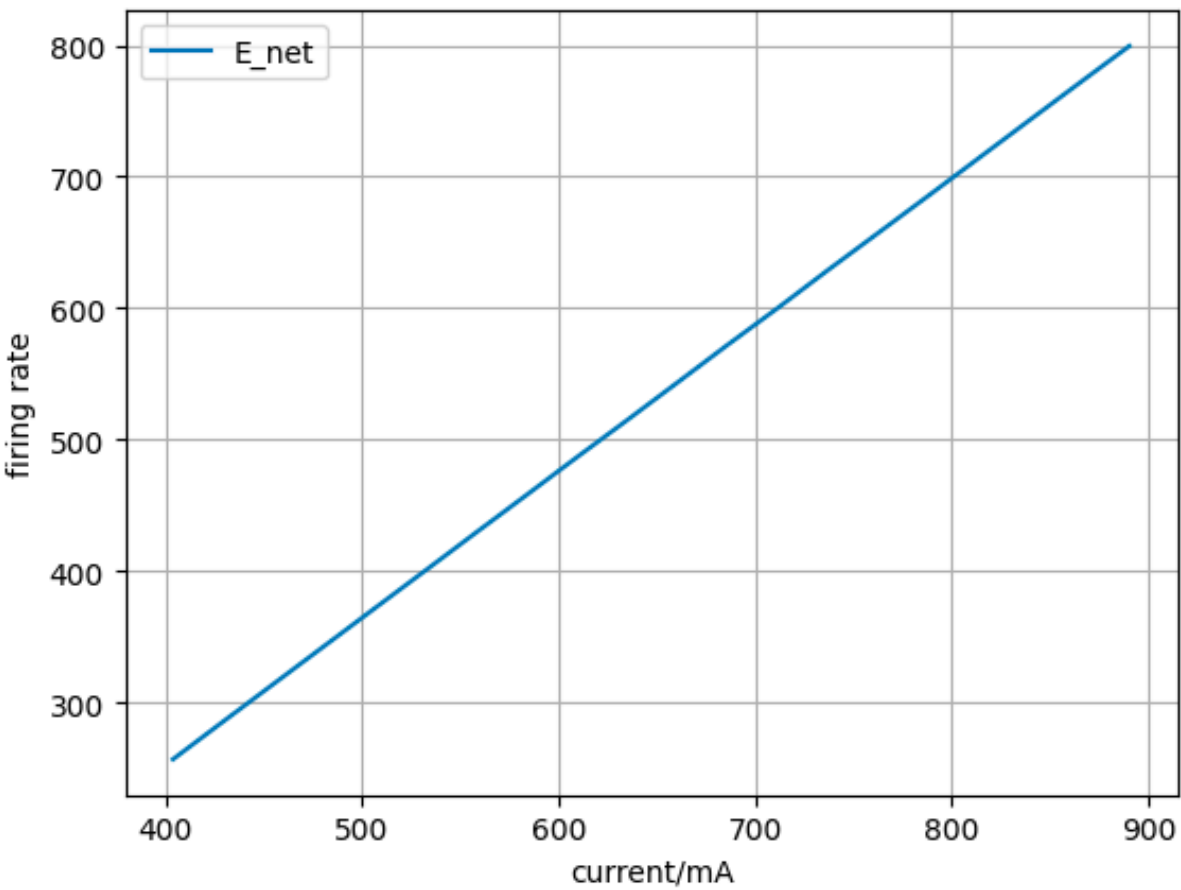


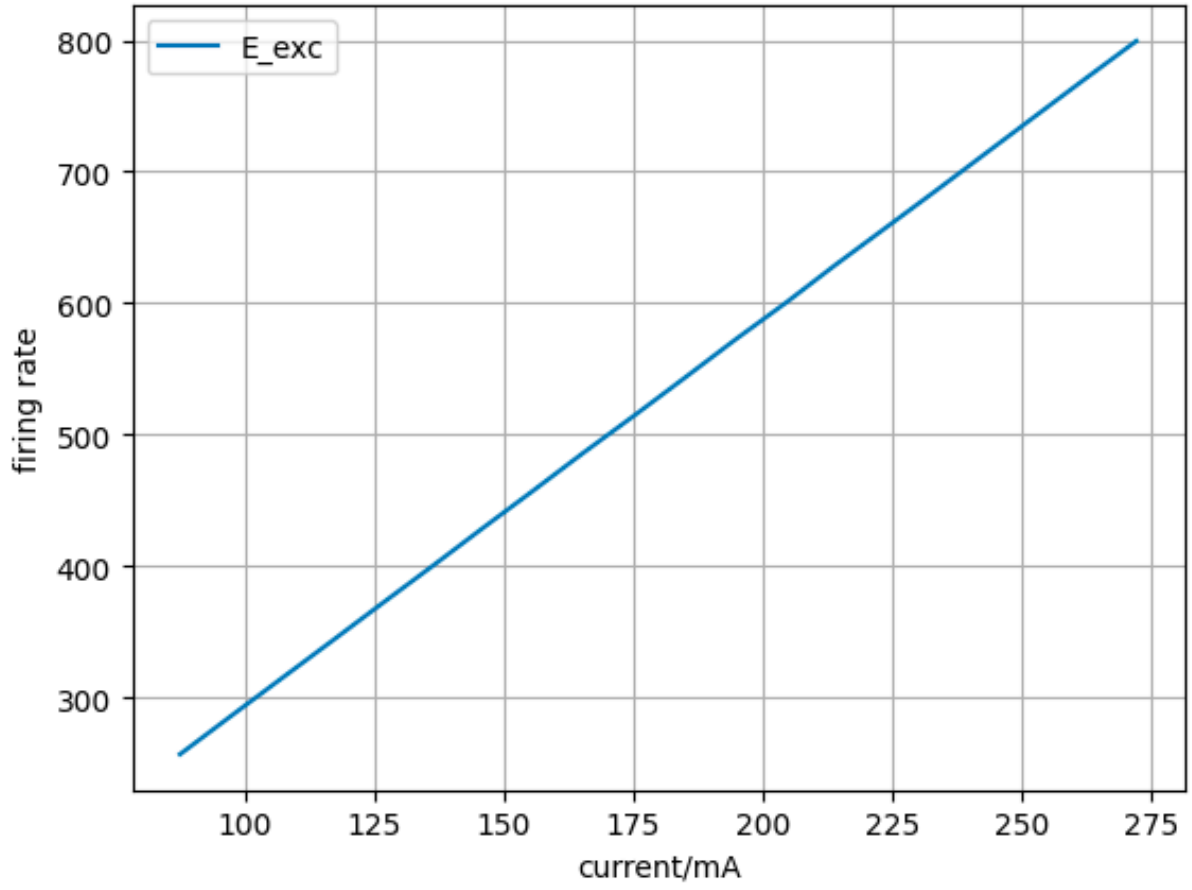
测得 $k = 1.12, b = -194.12$ 。

线性情况的验证



连接EE时测量 $\alpha_{EE}$





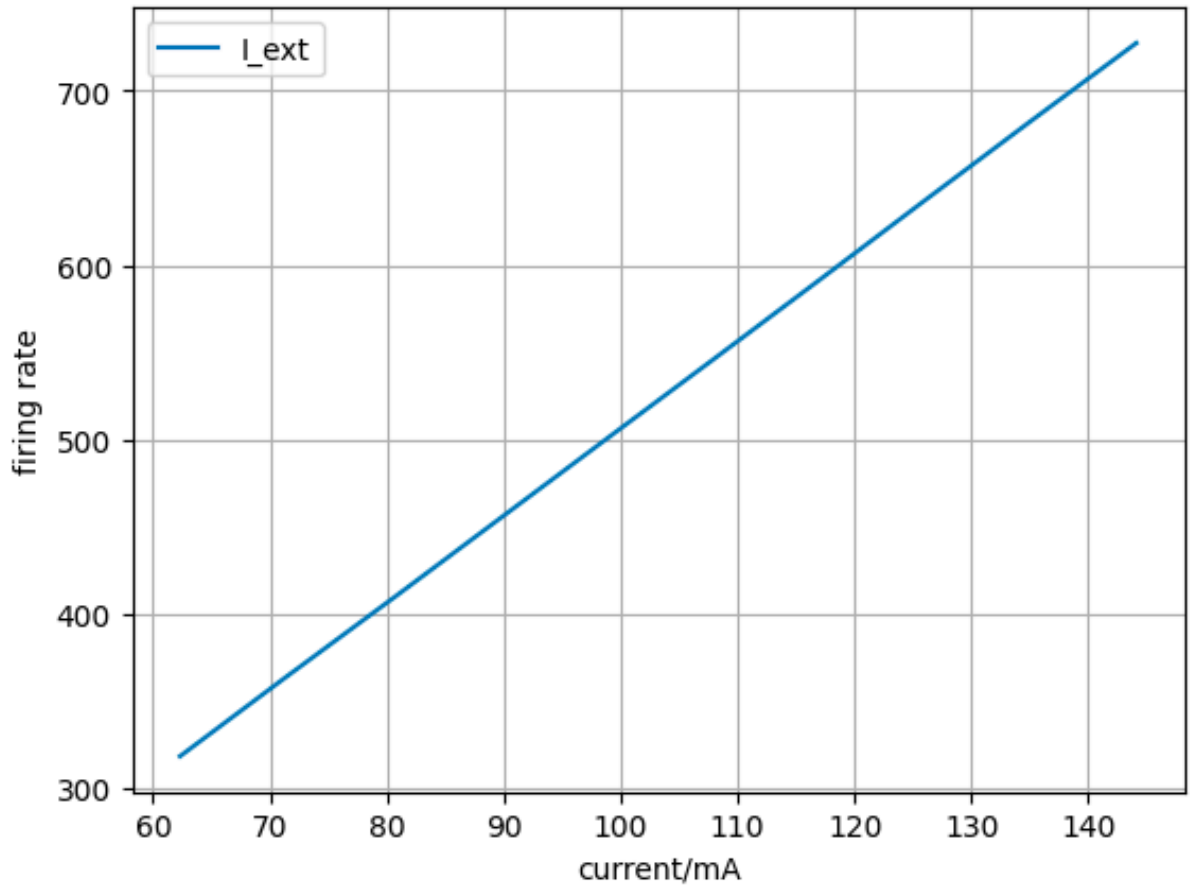
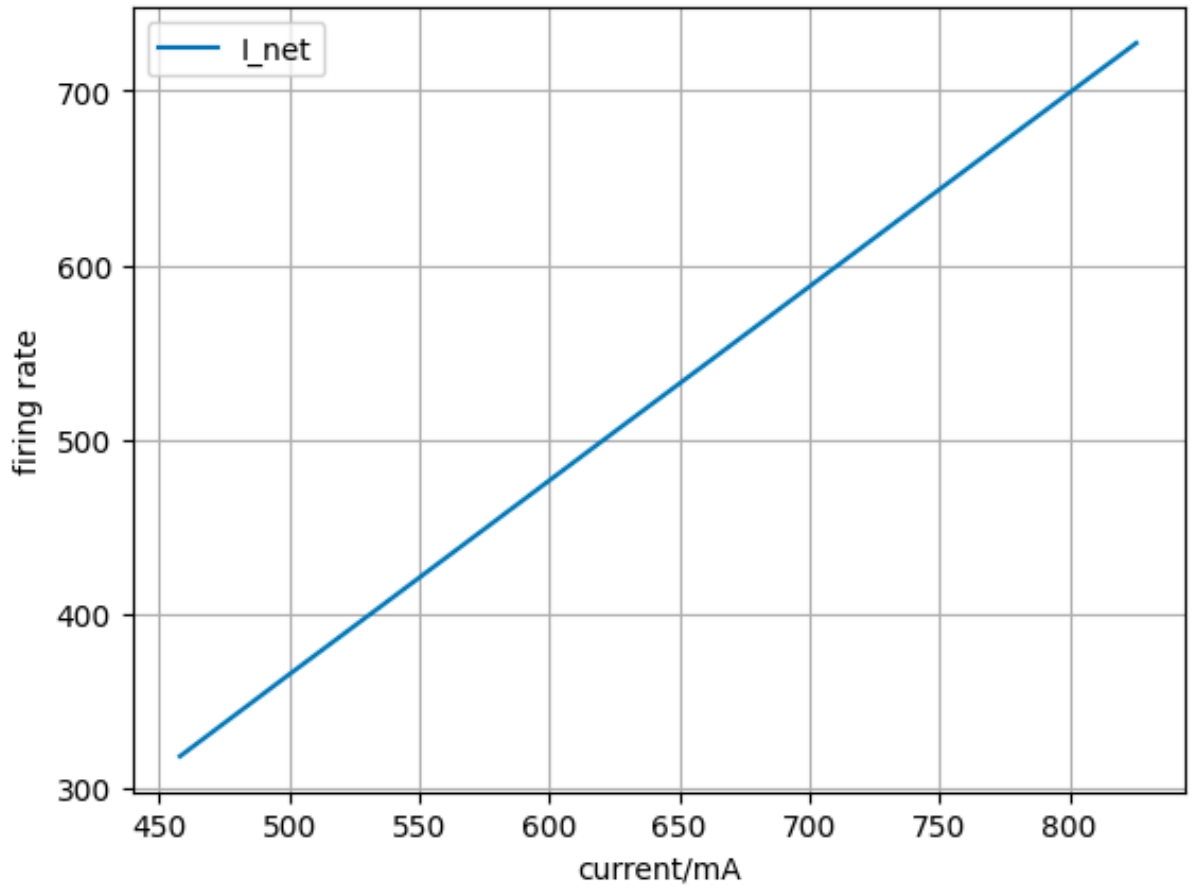
$$r_E = I_E + k_{EE} * r_E \quad (5)$$

由于只考虑基频时完成实验，且在mean-driven情况下，我们可以直接考虑平均意义上的计算，即 $r_E = \bar{r}_E$ :

$$\alpha_{EE} = \frac{\bar{r}_E - (kI_E^T + b)}{\bar{r}_E \int_{-90}^{90} e^{-x^2/(2\sigma^2)} dx} \quad (6)$$

测得在实际模型中 $g_{EE} = 0.01 * nS$ 时， $\alpha_{EE} = 0.0121$

**连接IE时测量 $\alpha_{IE}$**



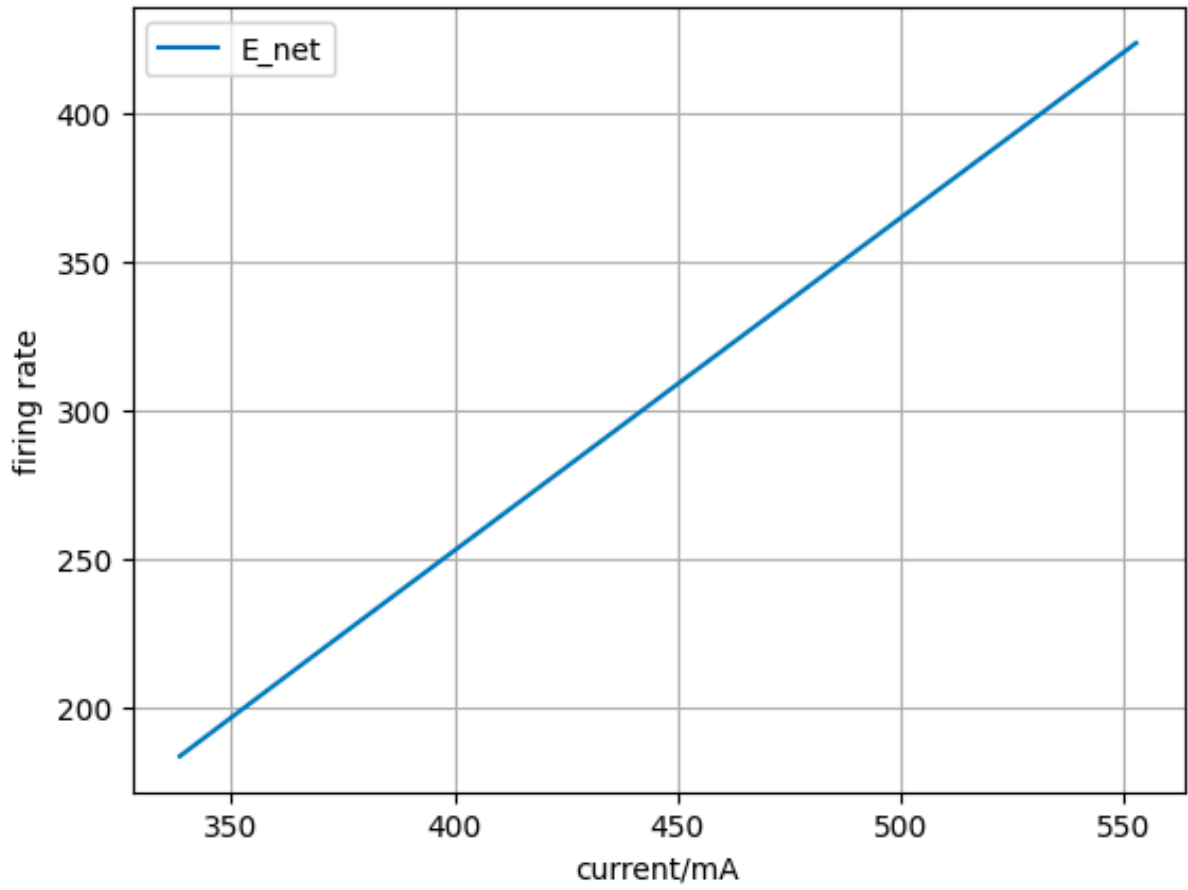
$$r_I = I_I + k_{IE} * r_E \quad (7)$$

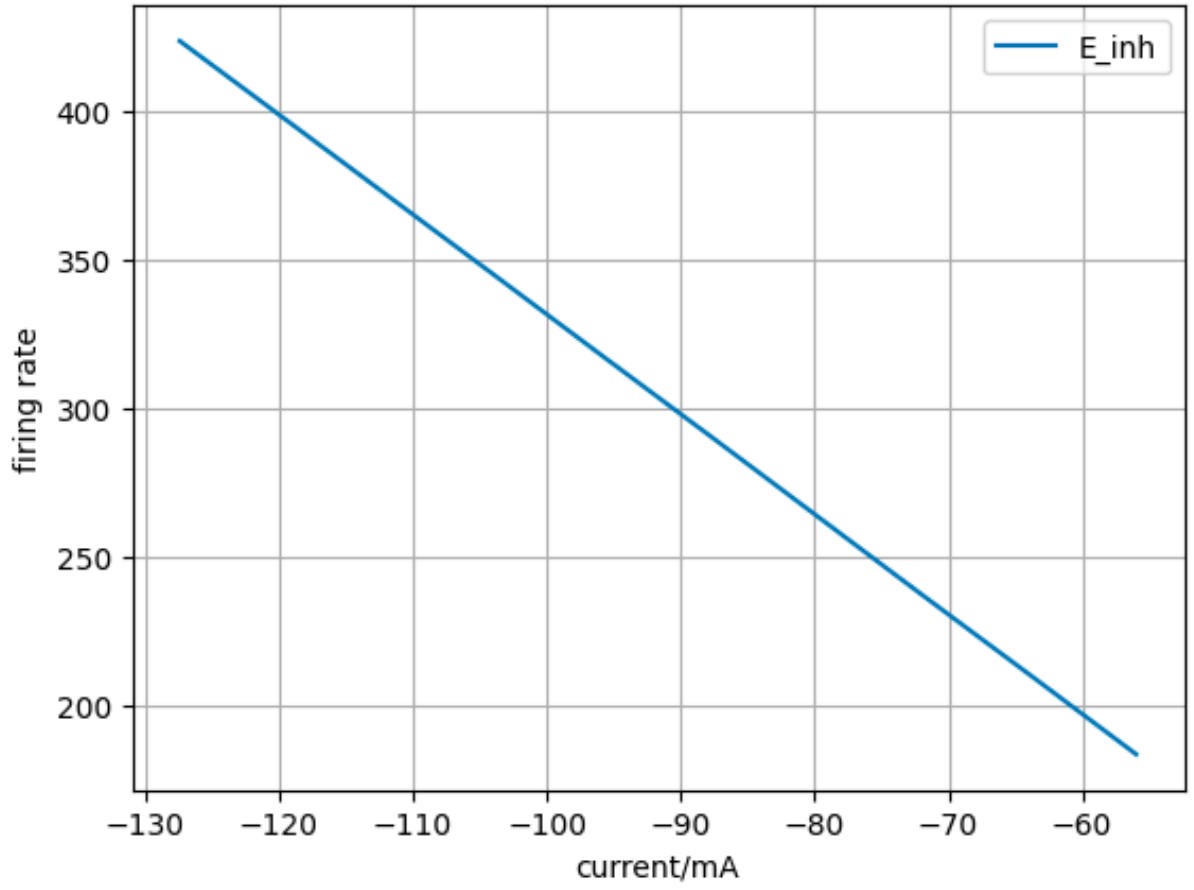
由于只考虑基频时完成实验，且在mean-driven情况下，我们可以直接考虑平均意义上的计算，即  $r_E = \bar{r}_E, r_I = \bar{r}_I$ :

$$\alpha_{IE} = \frac{\bar{r}_I - (kI_I^T + b)}{\bar{r}_E \int_{-90}^{90} e^{-x^2/(2\sigma^2)} dx} \quad (8)$$

测得在实际模型中  $g_{IE} = 0.01 * nS$  时， $\alpha_{IE} = 0.0121$

### 连接EI时测量 $\alpha_{EI}$



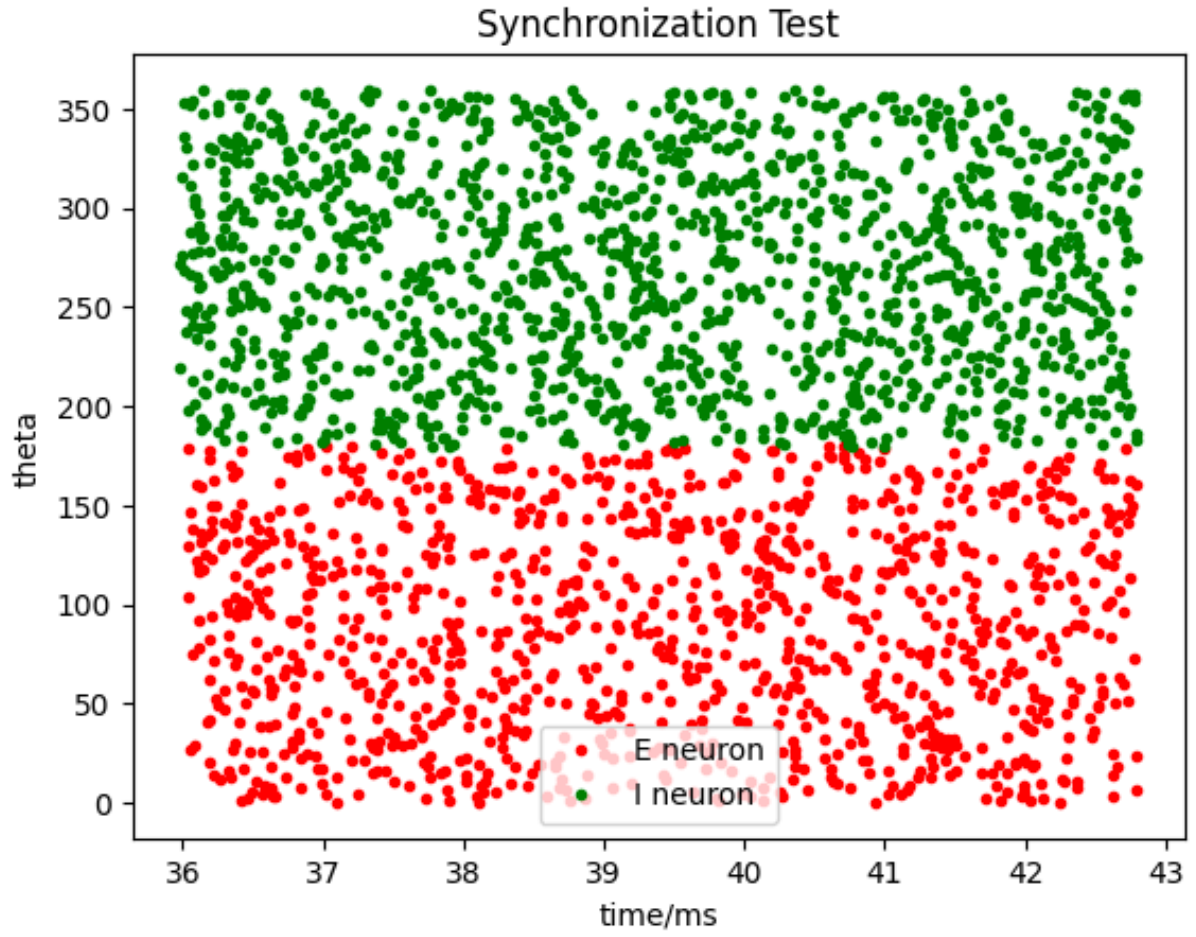


$$r_E = I_E - k_{EI} * r_I \quad (9)$$

由于只考虑基频时完成实验，且在mean-driven情况下，我们可以直接考虑平均意义上的计算，即  $r_E = \bar{r}_E, r_I = \bar{r}_I$ :

$$\alpha_{EI} = \frac{\bar{r}_E - (kI_E^T + b)}{-\bar{r}_I \int_{-90}^{90} e^{-x^2/(2\sigma^2)} dx} \quad (10)$$

测得在实际模型中  $g_{EI} = 0.01 * nS$  时， $\alpha_{IE} = 0.0069$



## 比较所使用的理论结果

我们考虑如下的理论模型：

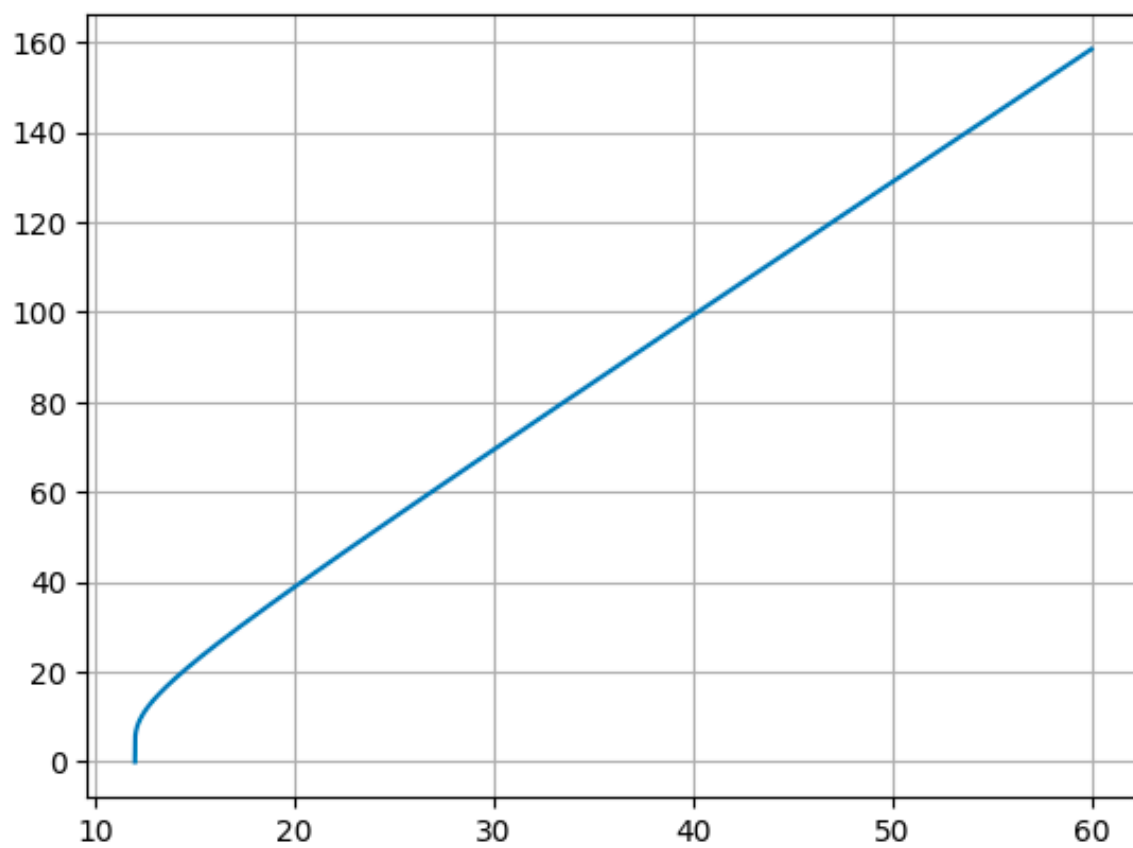
$$\hat{r}_E = (1 - \hat{k}_{EE} + \hat{k}_{EI}\hat{k}_{IE})^{-1}(\hat{I}_E - \hat{k}_{EI}\hat{I}_I) \quad (11)$$

其中

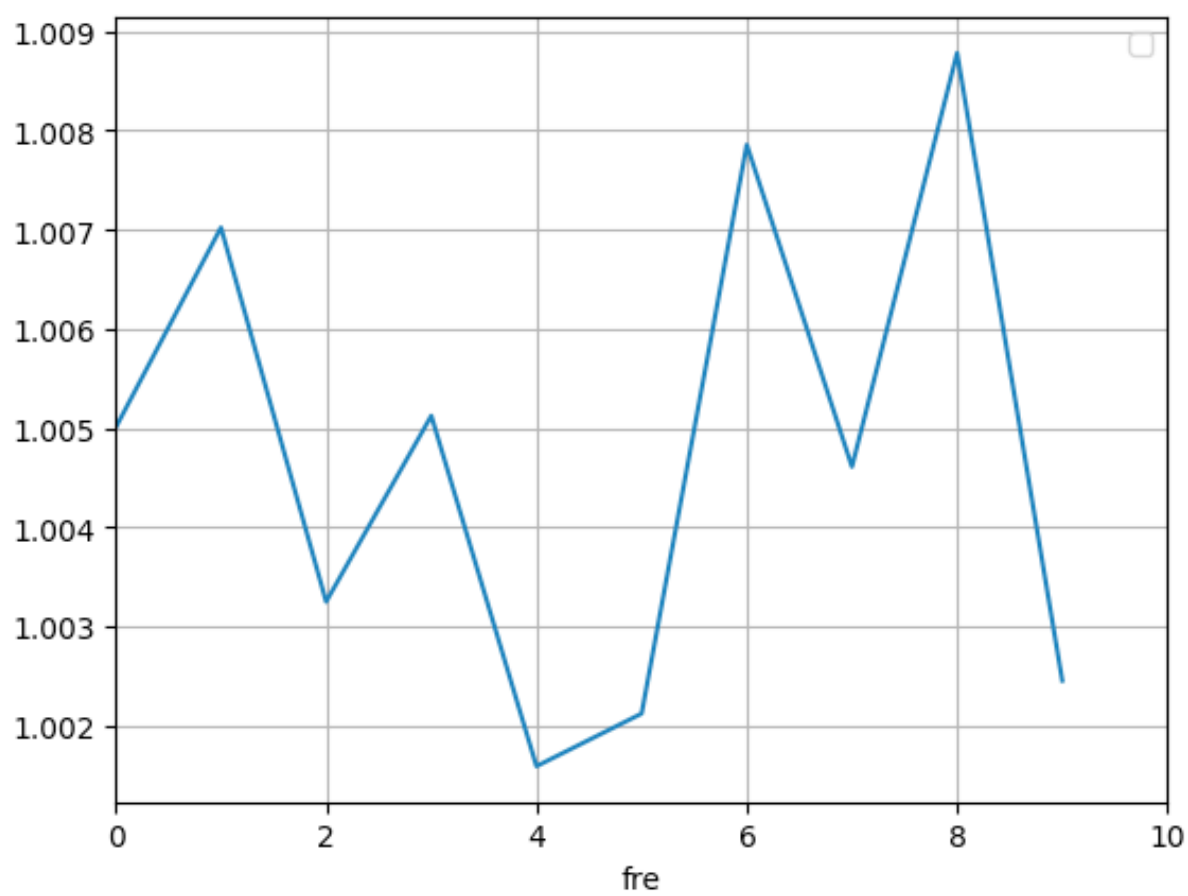
$$\hat{k}_{XY} = \alpha_{XY}\sqrt{2\pi}\sigma_{XY}e^{-2\pi^2\sigma_{XY}^2\xi^2/T^2} \quad (12)$$

## 与理论结果的比较

### 线性情况的验证

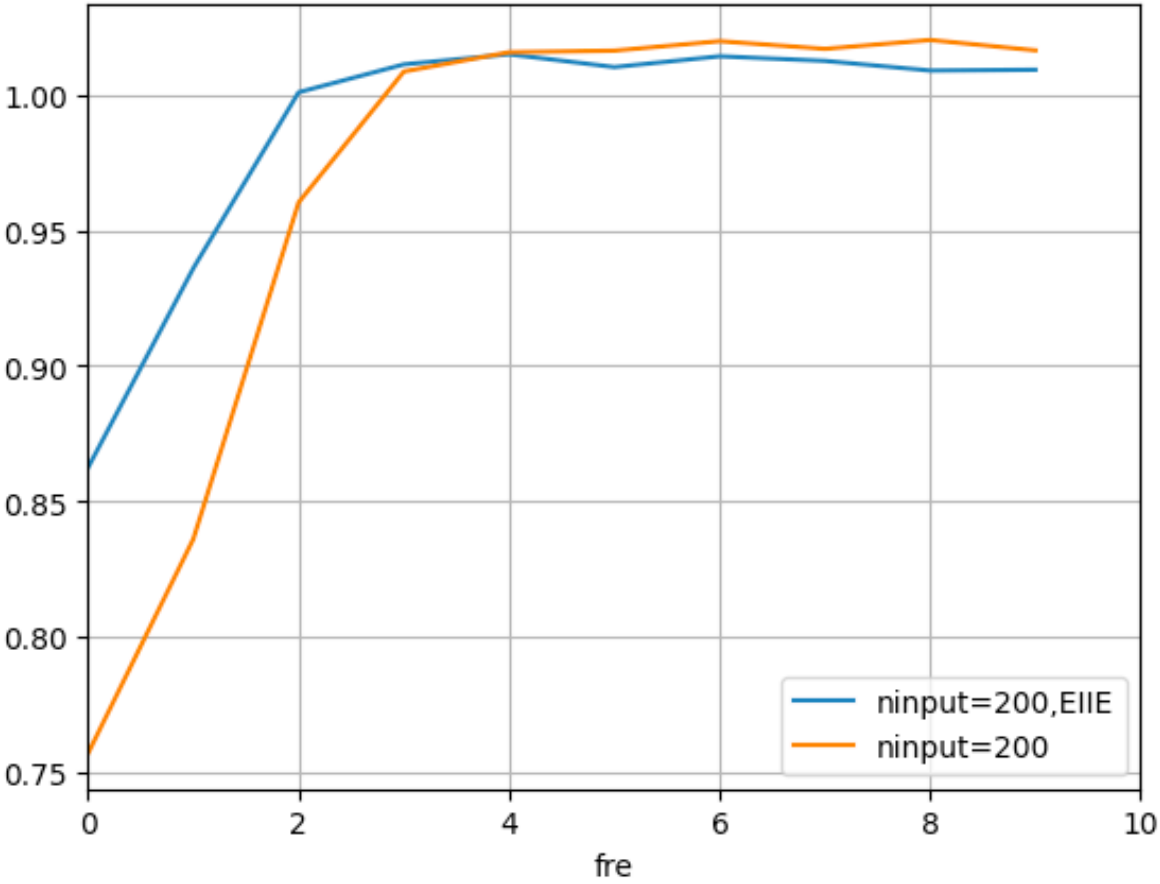
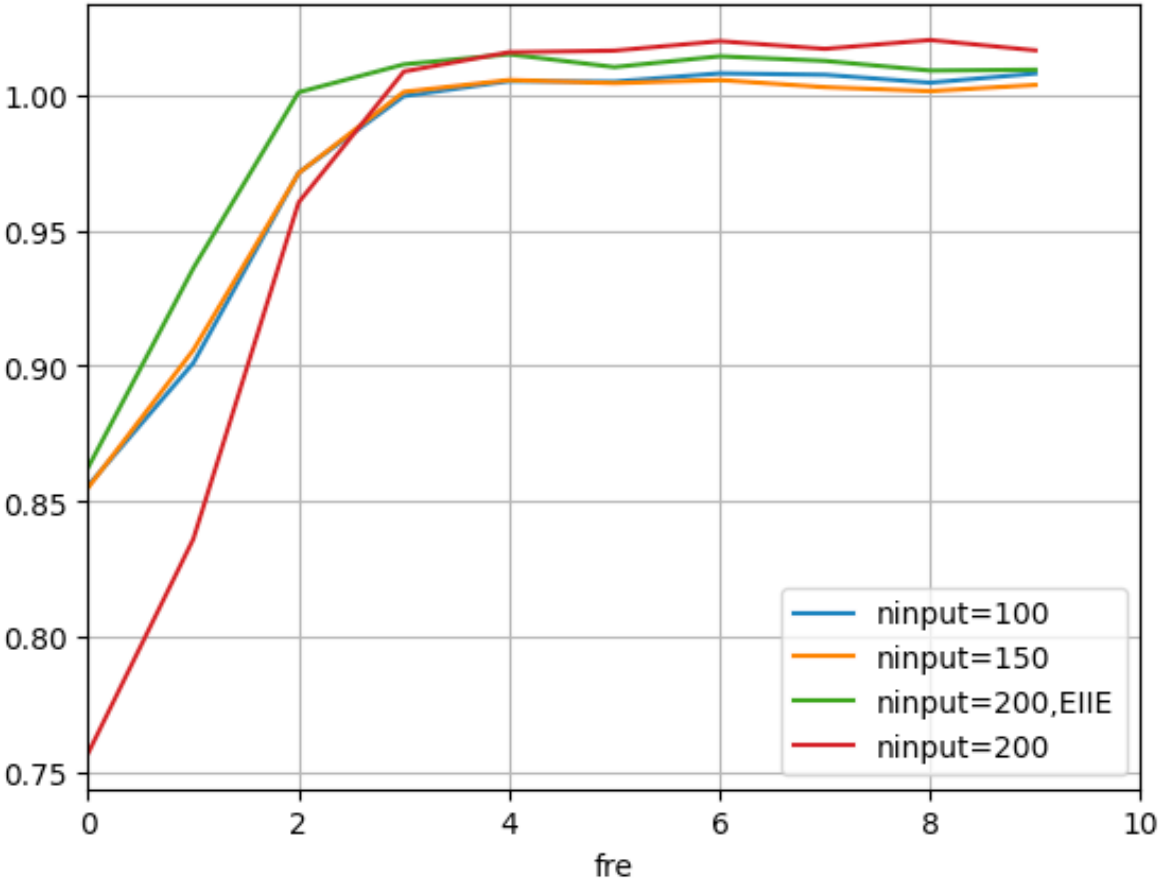


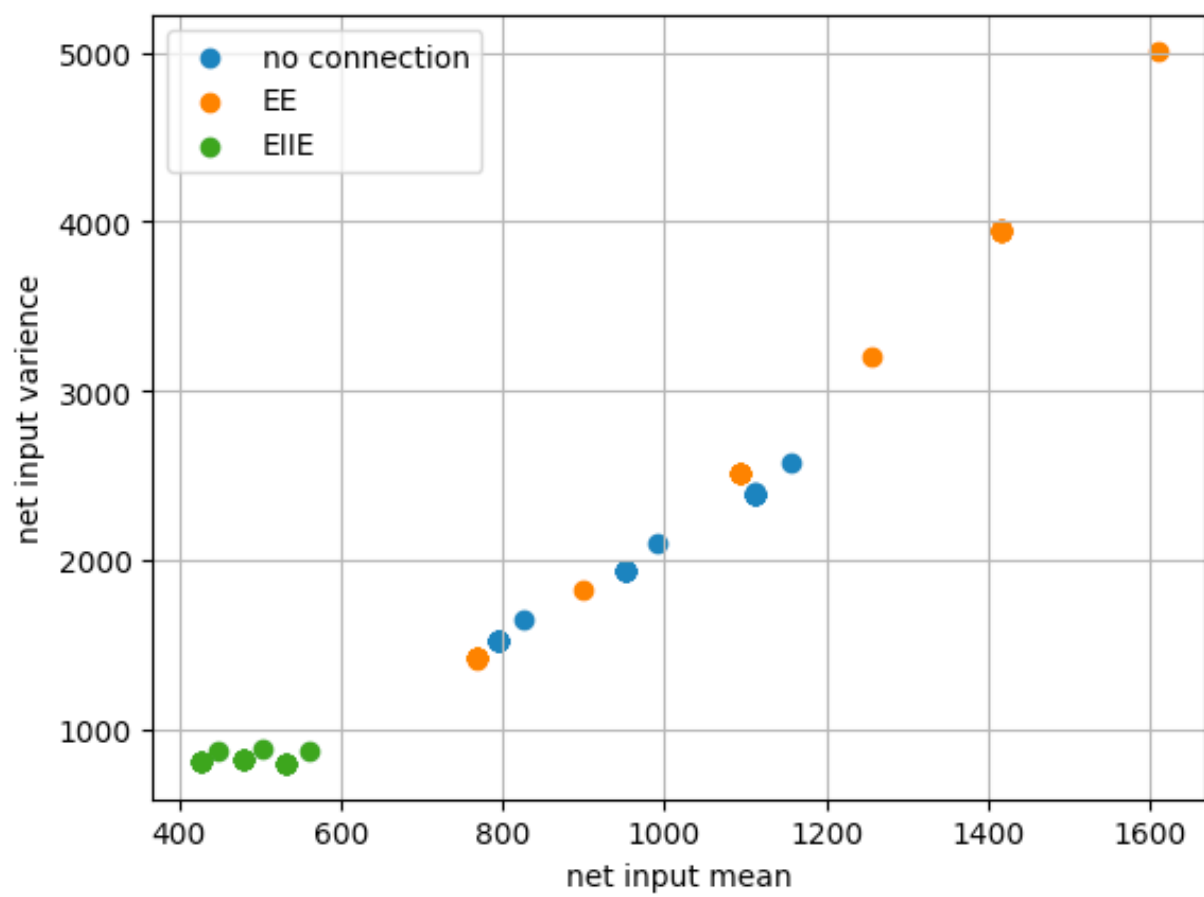
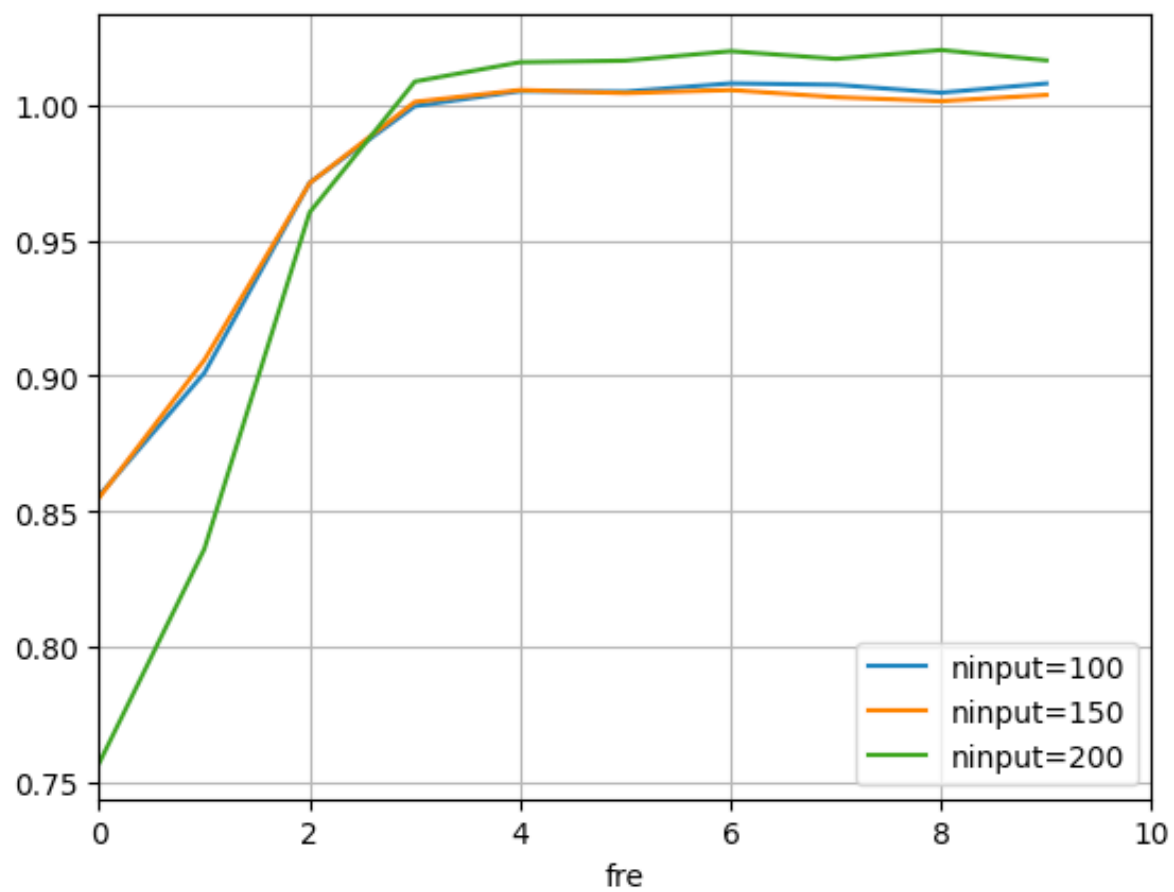
只连接EI的情况





EIIE问题





# 主要实验

- 参数对应实验出现的问题与修改
- 理论模型与实验模型的对应
  - 输入电流方差问题
  - E通道与I通道问题

## 理论模型与实验模型的对应

### 输入电流方差问题

#### 方差对应

我们可以看到网络输入电流在不同连接条件、发放率、均值相同时表现出的方差并不相同，因此我们考虑通过消除方差的差异来完成对应的问题

```
[99] ~
    params = default_params()
    params.g_EE = 0*nS
    params.g_EI = 0*nS
    params.g_IE = 0*nS
    params.g_II = 0*nS
    params.N_input = 80
    params.center = 45
    params.sigma_ori = 25
    params.amp = 0
    params.C_bg = 0
    params.fre = 0
    params.N = 600
    ✓ 0.0s Python

[100]
    rates_E,rates_I,E_ext,I_ext,E_net,I_net,E_exc,I_exc = result_monitor_new(params, C_total=200, dt=10*second)
    ✓ 1m 18.6s Python

[101]
    mean(rates_E[0]),mean(E_net/pA),mean(var(E_net/pA,1))
    ✓ 0.0s Python
... (301.3265000000007, 443.0739345763694, 1717.3669616281838)
```

```
[83]
    params = default_params()
    params.g_EE = 0*nS
    params.g_EI = 0.015*nS
    params.g_IE = 0.015*nS
    params.g_II = 0*nS
    params.N_input = 200
    params.center = 45
    params.sigma_ori = 25
    params.amp = 0
    params.C_bg = 0
    params.fre = 0
    params.N = 600
    ✓ 0.0s Python

[88]
    rates_E_EIIE,rates_I_EIIE,E_ext_EIIE,I_ext_EIIE,E_net_EIIE,I_net_EIIE,E_exc_EIIE,I_exc_EIIE = result_monitor_new(params, C_total=395, dt=10*second)
    ✓ 1m 59.0s Python

[89]
    mean(rates_E_EIIE[0]),mean(E_net_EIIE/pA),mean(var(E_net_EIIE/pA,1))
    ✓ 0.0s Python
... (302.7245000000003, 445.3974825490504, 1723.4495246893216)
```

```
params = default_params()
params.g_EE = 0.02*nS
params.g_EI = 0*nS
params.g_IE = 0*nS
params.g_II = 0*nS
params.N_input = 200
params.center = 45
params.sigma_ori = 25
params.amp = 0
params.C_bg = 0
params.fre = 0
params.N = 600

[33] ✓ 0.0s Python

rates_E_EE,rates_I_EE,E_ext_EE,I_ext_EE,E_net_EE,I_net_EE,E_exc_EE,I_exc_EE = result_monitor_new(params, C_total=150, dtime=10*second)

[34] ✓ 1m 4.6s Python

mean(rates_E_EE[0]),mean(E_net_EE/pA),mean(var(E_net_EE/pA,1))

[35] ✓ 0.0s Python

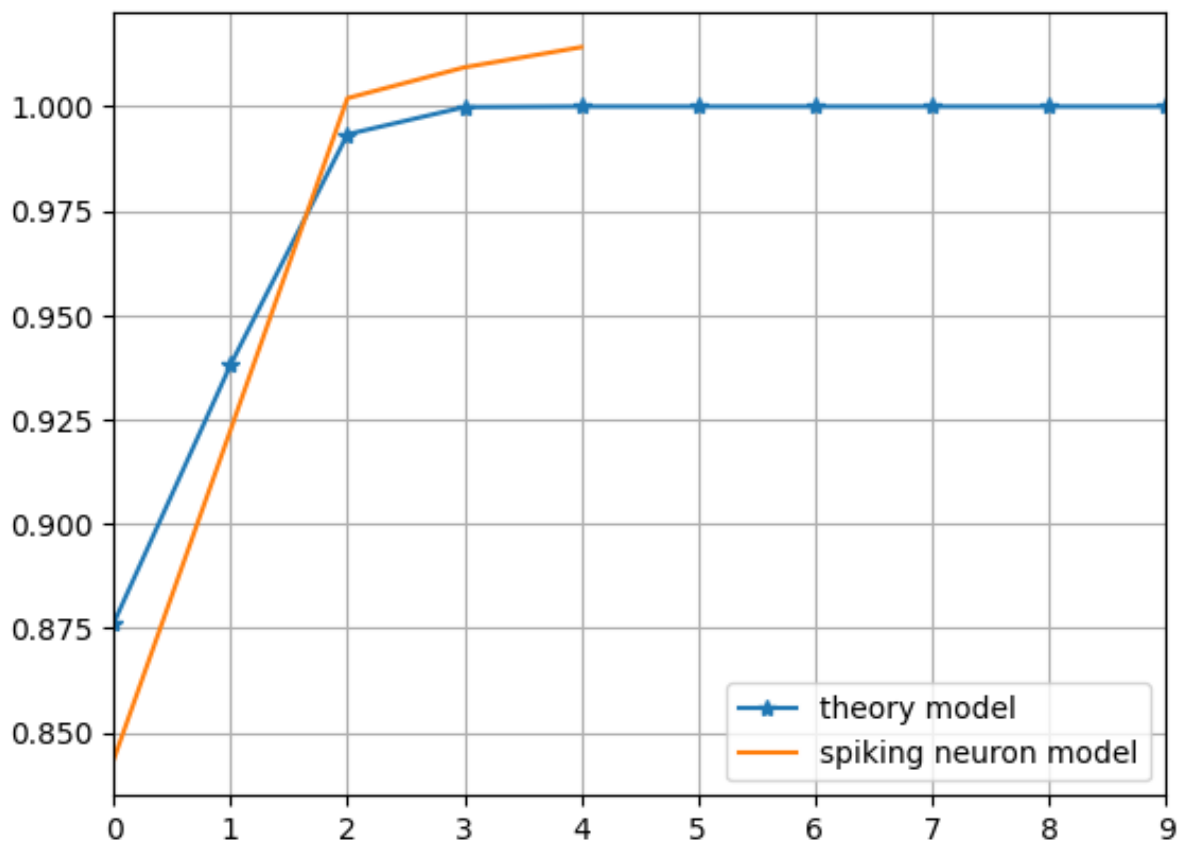
... (296.43716666666666, 438.7265003124153, 1065.555903358731)
```

然而当我们考虑这种差异时并不能解决问题

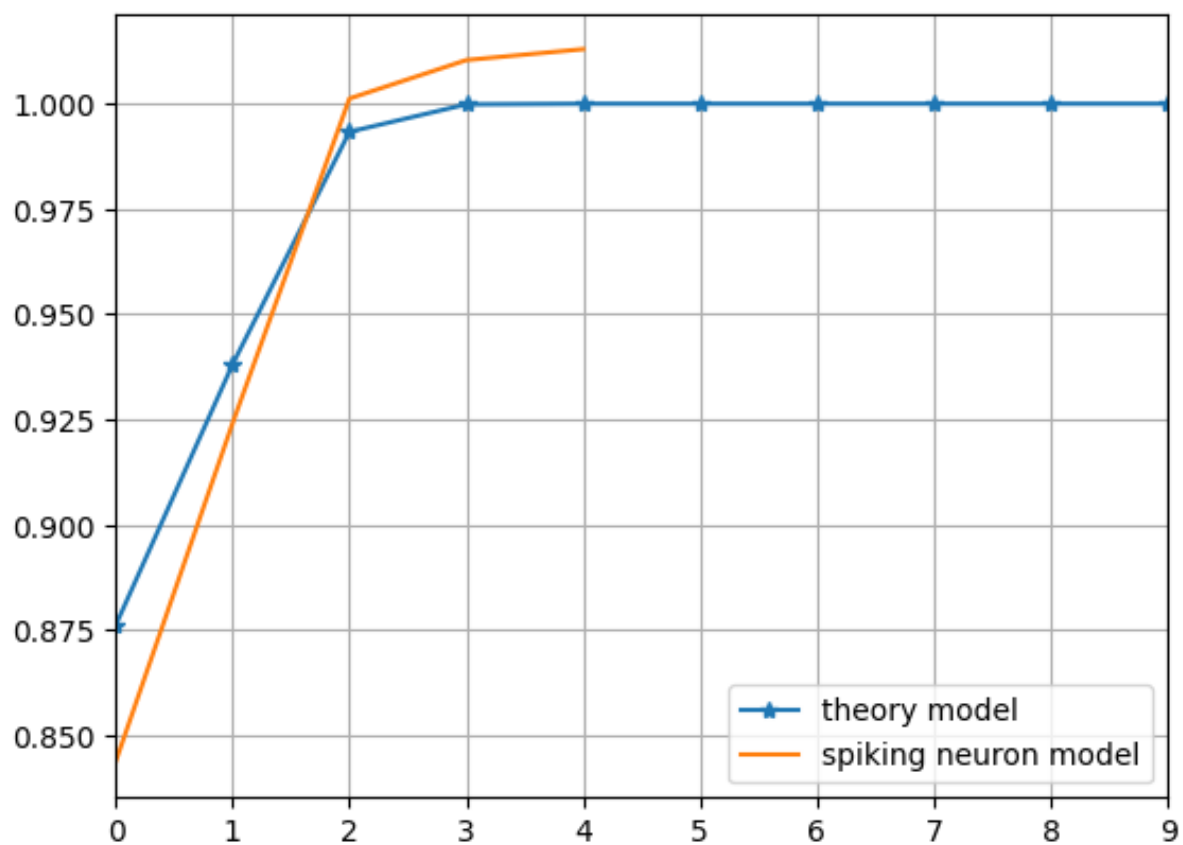
## 增大规模

同时，尝试了增大规模，其效果如下：

- N=2400



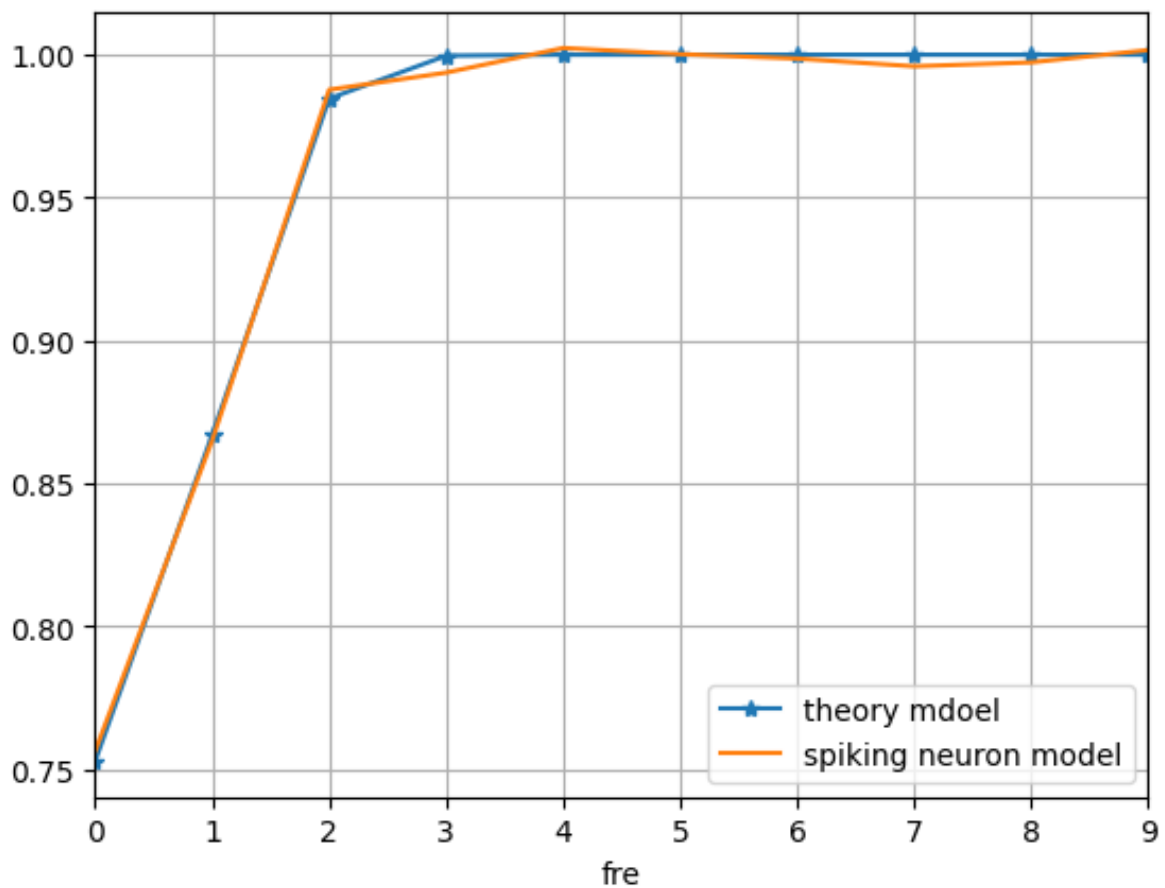
- N=4800



可以看到，增大规模的方法也没有办法解决这个问题。

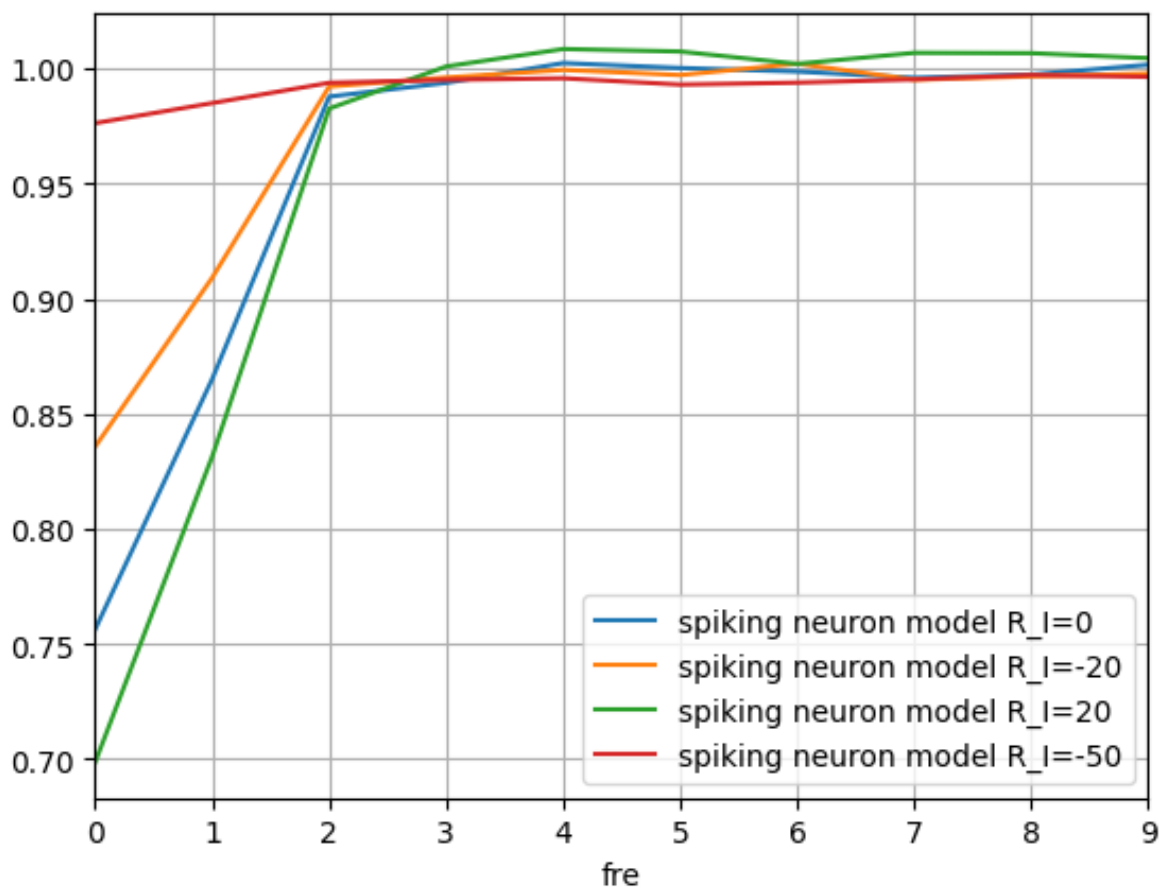
## E通道与I通道的问题

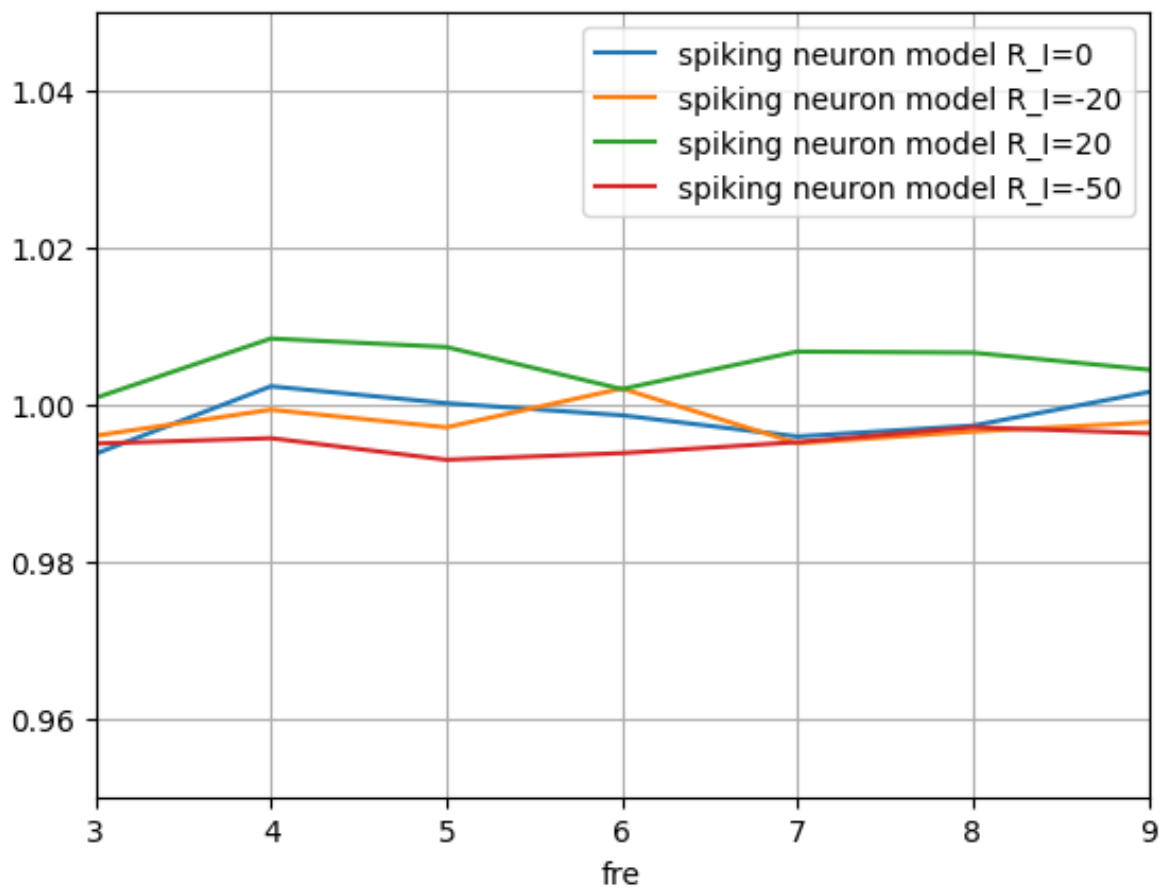
首先，我们可以看到，如果把两个通道合并，我们可以得到精确能收敛到1的结果：



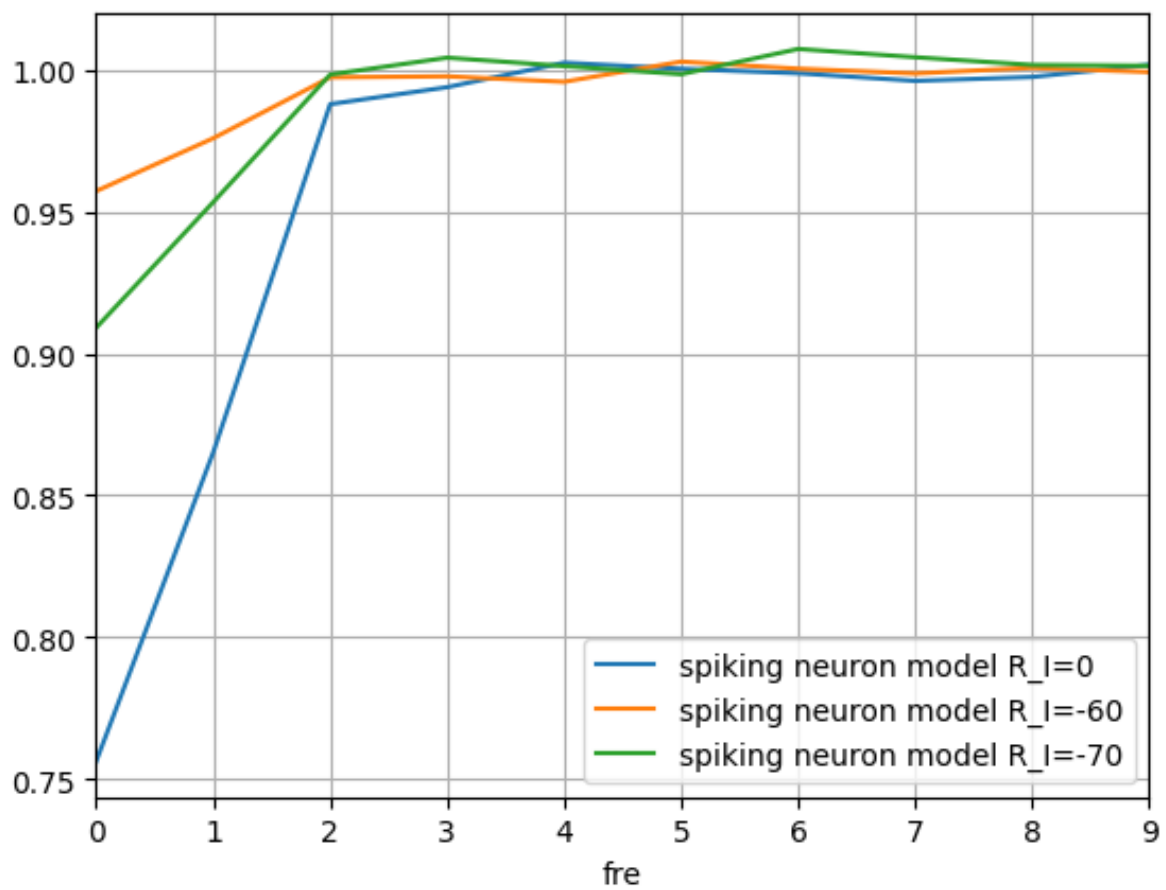
因此我们尝试通过调整I通道的一些参数来分析I通道带来的影响：

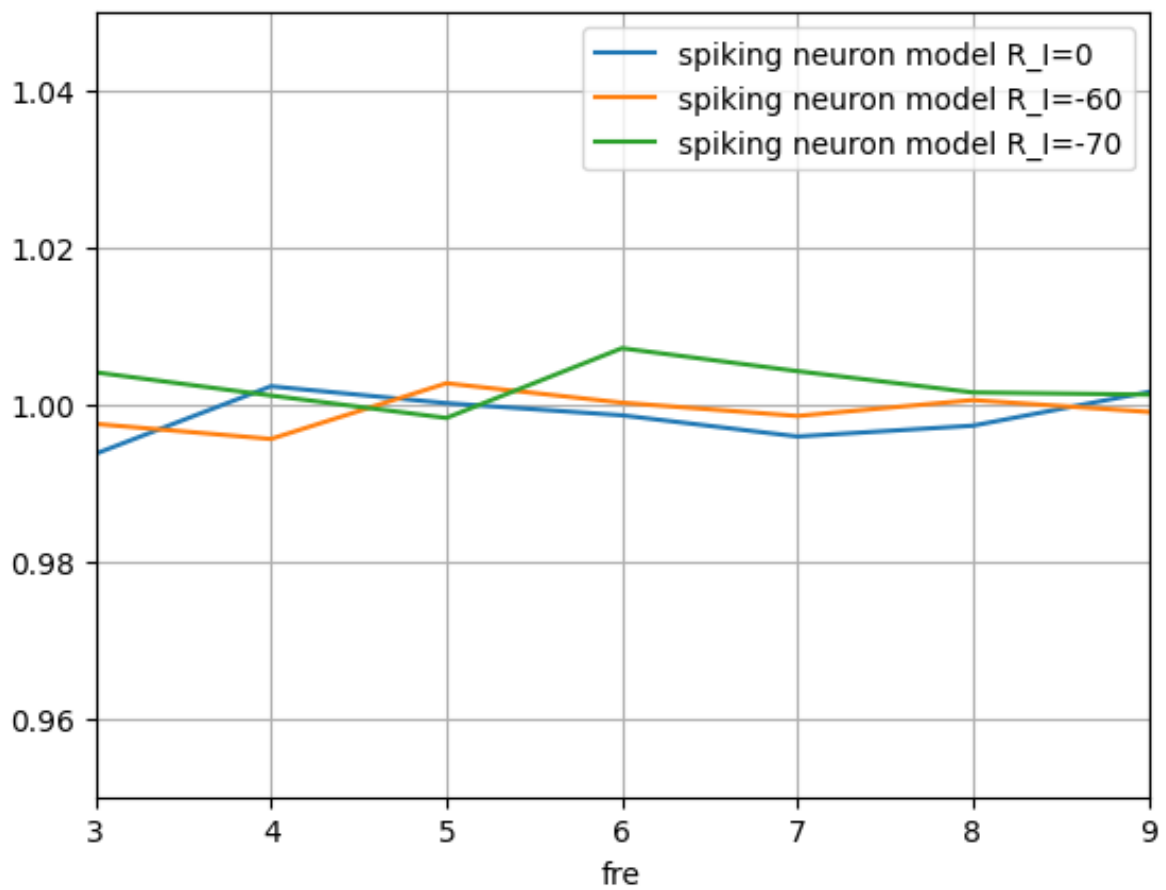
- 令I通道与E通道近似，即I通道的reversal potential大于-50mV，I通道的刺激叠加；



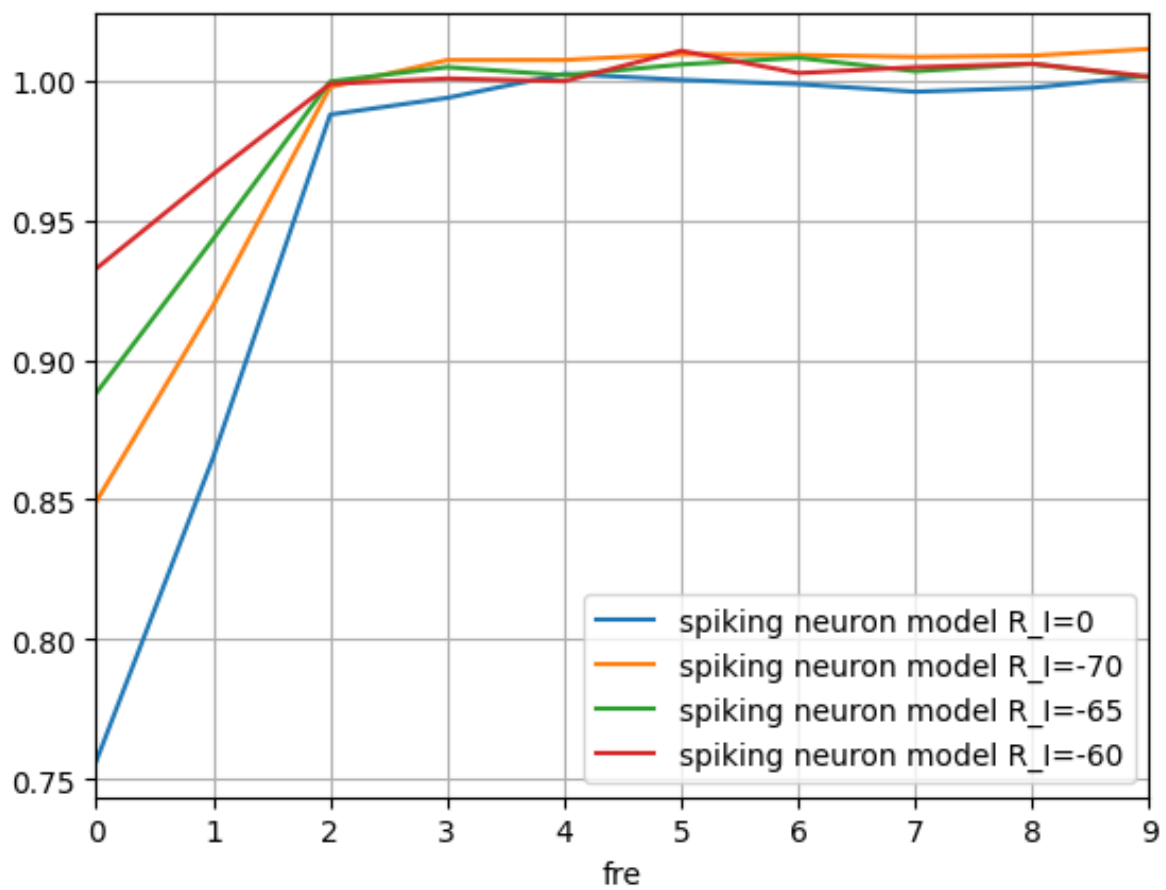


- 恢复正常的I通道:

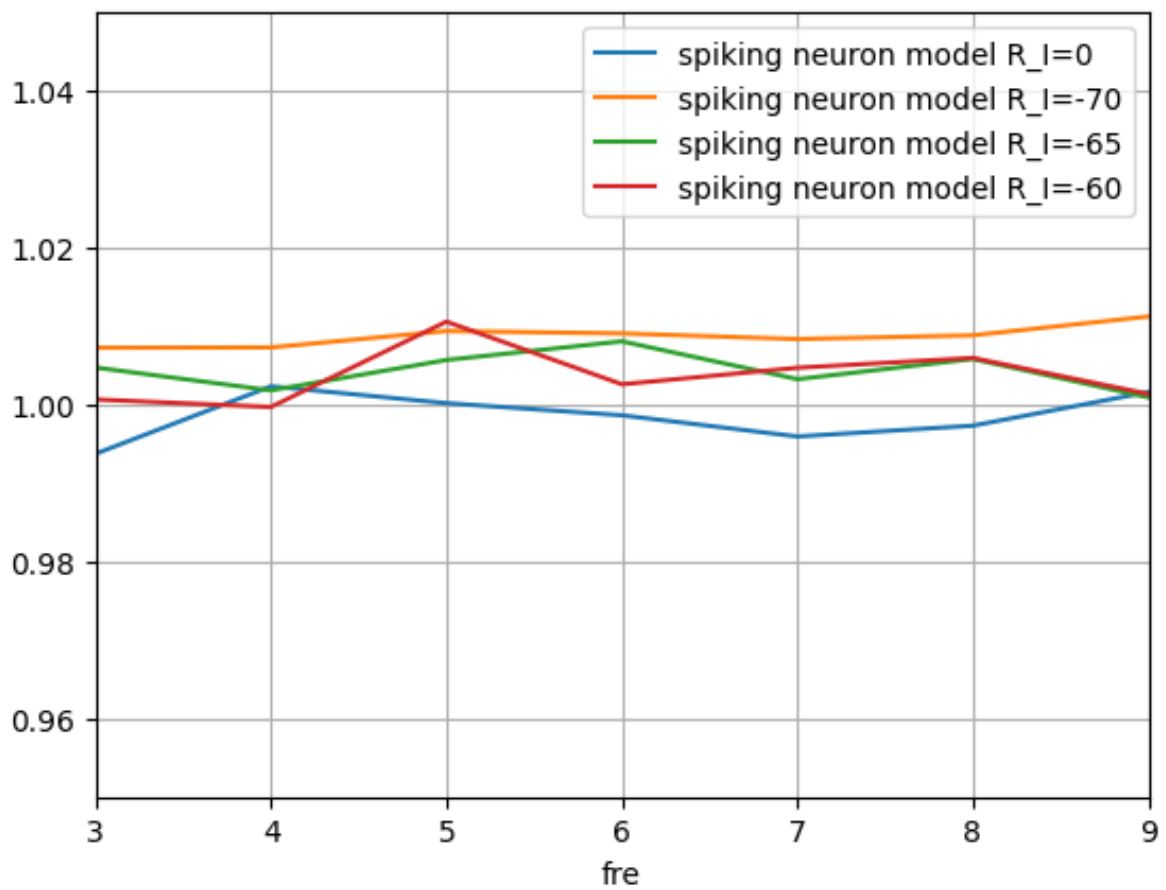




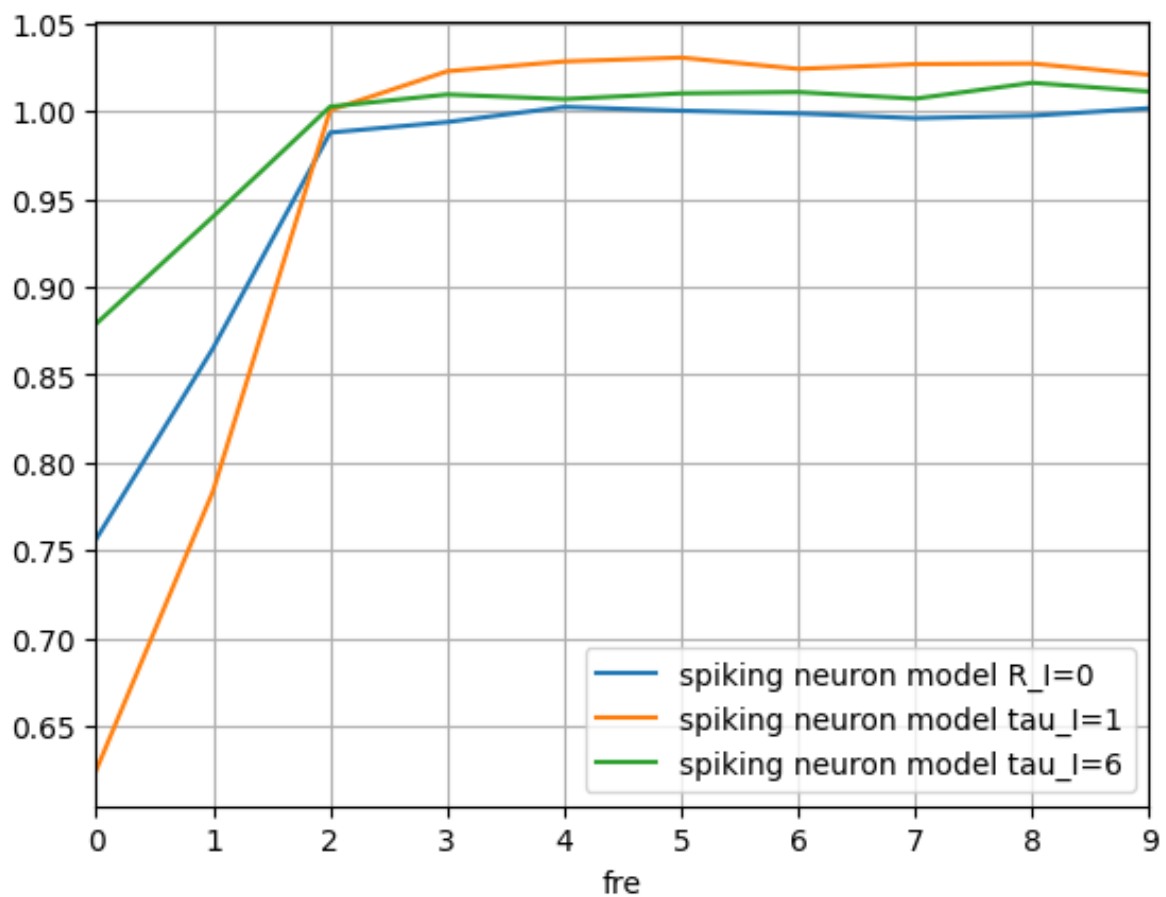
- 恢复正常的I通道并增加连接强度：



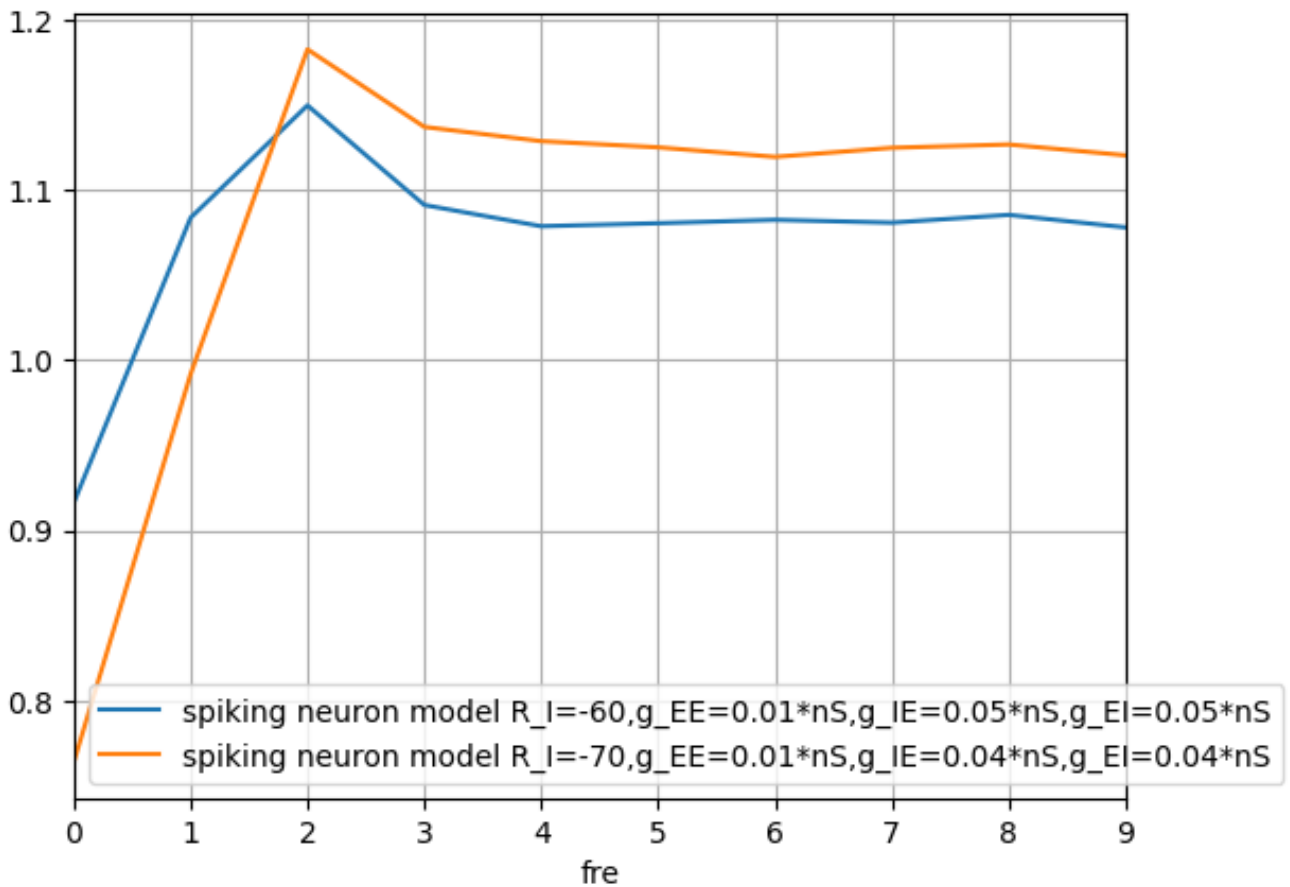




- 改变时间常数 $\tau_I$ :



- 全连接时:

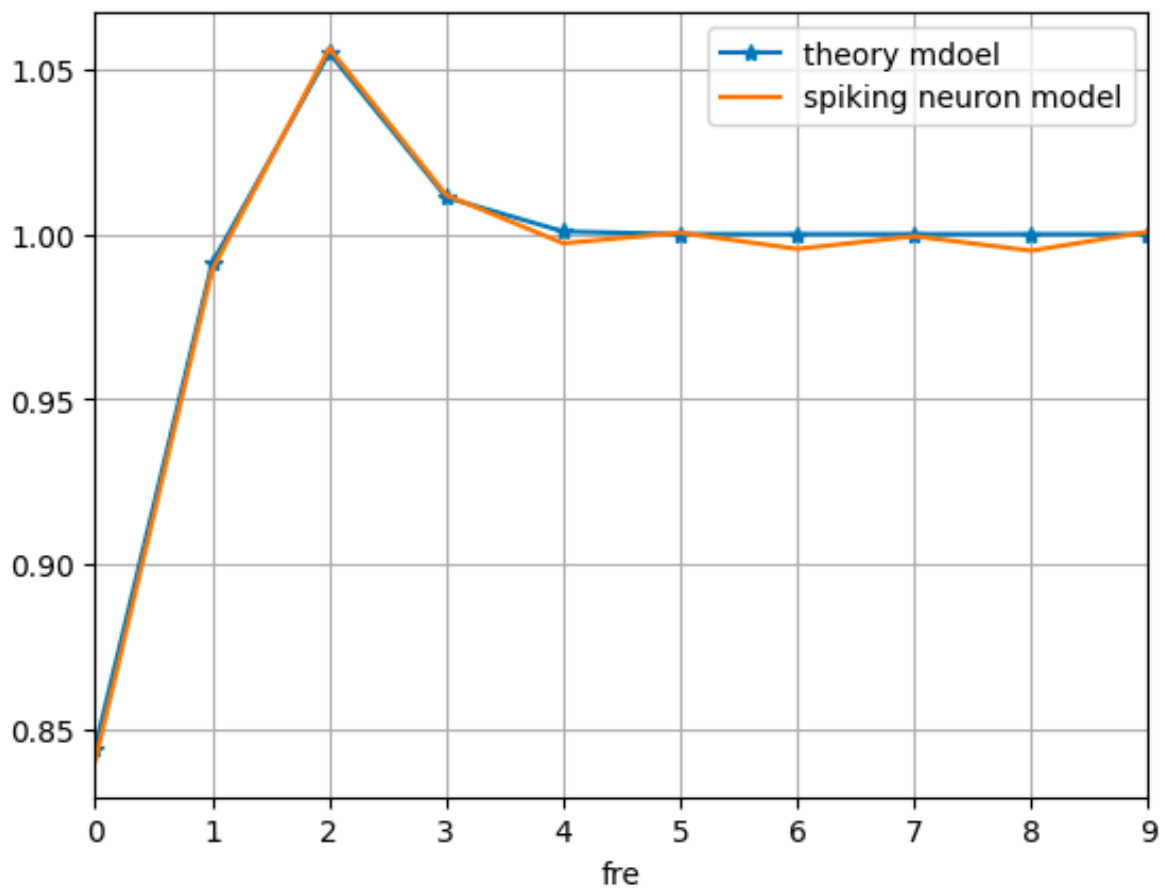


## 主要实验

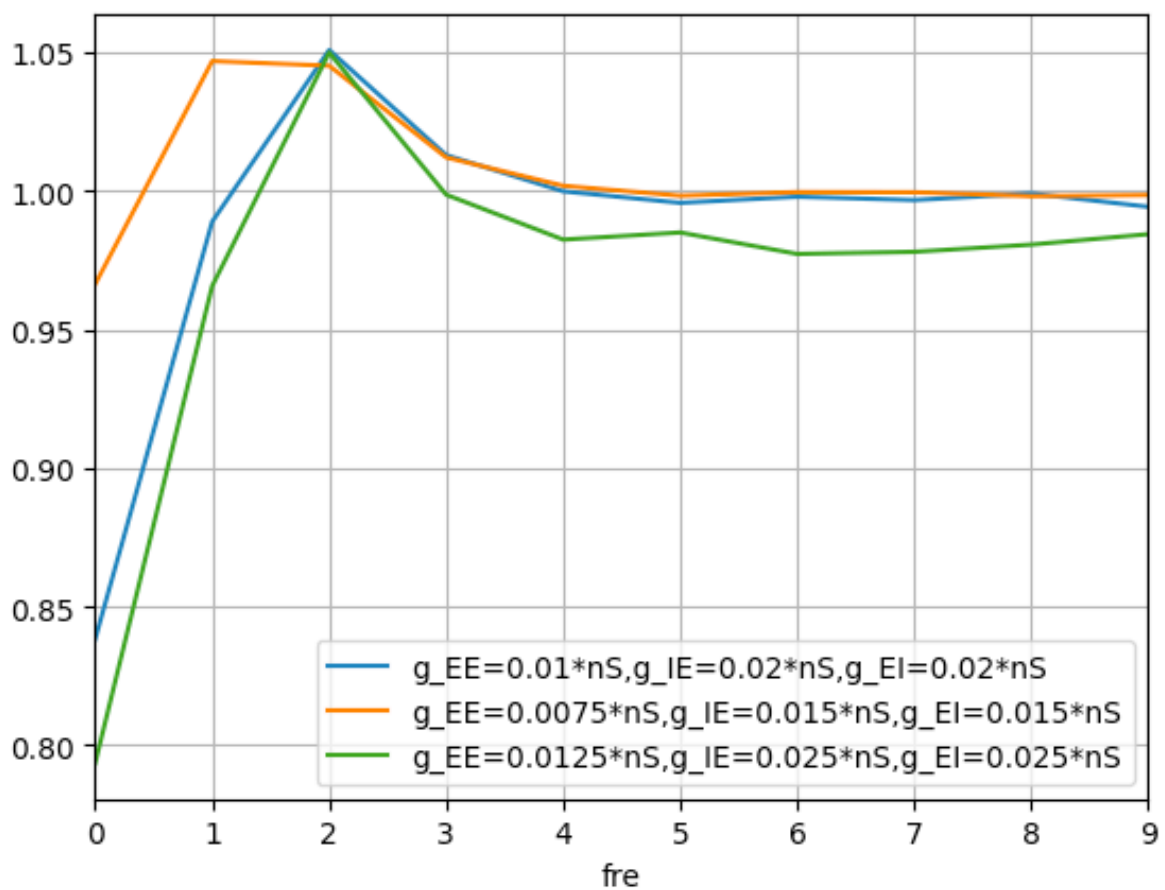
- 消除与理论模型之间的差距：
  - 取消I通道只使用E通道
  - 计算I通道的流量，并在基准上加上这样的流量
  - 特例分析
- 各种条件下gain curve的绘制：
  - 主要目的是观察是否有非线性

## 消除与理论模型之间的差距

### 取消I通道只使用E通道

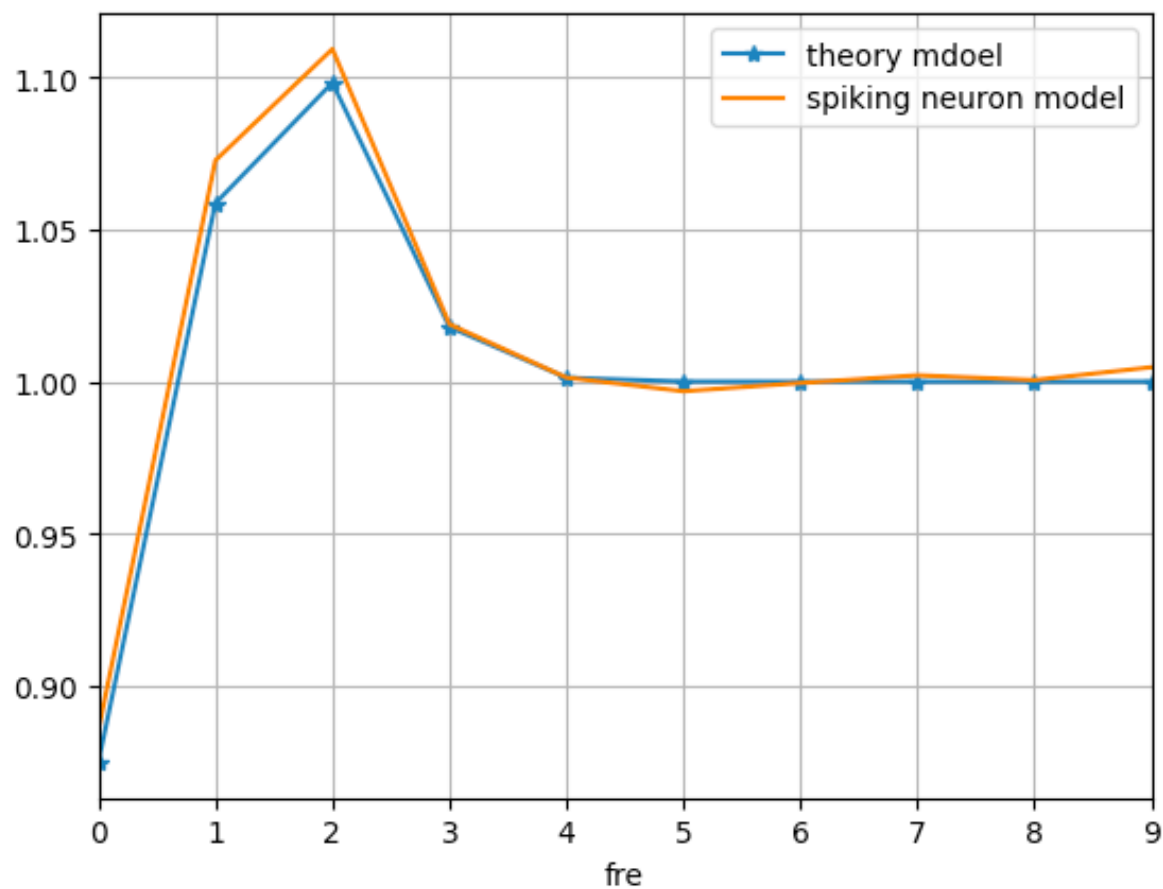


取消I通道在这组参数下可以起到不错的效果，不会再产生稳定的大于1的现象，然而当我们换一组参数后就会有变化：



# 计算I通道的流量，并在基准上加上这样的流量

先调整基准的IE连接，使得曲线在高频部分到1



在此基础上计算I通道的流量：

```
(mean(np.asarray(E_ext71[0]/pamp))-mean(np.asarray(E_net71[0]/pamp)))/mean(np.asarray(E_ext71[0]/pamp))
[92] ✓ 0.0s
... 0.6256742763591039

(mean(np.asarray(E_extall61[0]/pamp))-mean(np.asarray(E_netall61[0]/pamp))+mean(np.asarray(E_excall61[0]/pamp)))/mean(np.asarray(E_extall61[0]/pamp))
[93] ✓ 0.0s
... 0.68364712072394
```

一方面两种方式的I通道流量无法对应上，另一方面其带来在低频的部分显著低于理论模型，因此这个方法不可行。

但在这个实验中发现，在调整基准时，即只添加IE连接时，会使得网络的流量变化大于属于的流量变化：

```
mean(np.asarray(E_net71[0]/pamp)-np.asarray(E_net70[0]/pamp)),mean(np.asarray(E_ext71[0]/pamp)-np.asarray(E_ext70[0]/pamp))
[103] ✓ 0.0s
... (46.65552650937329, 44.32037337082818)
```

这会导致基准上升，如上图所示。

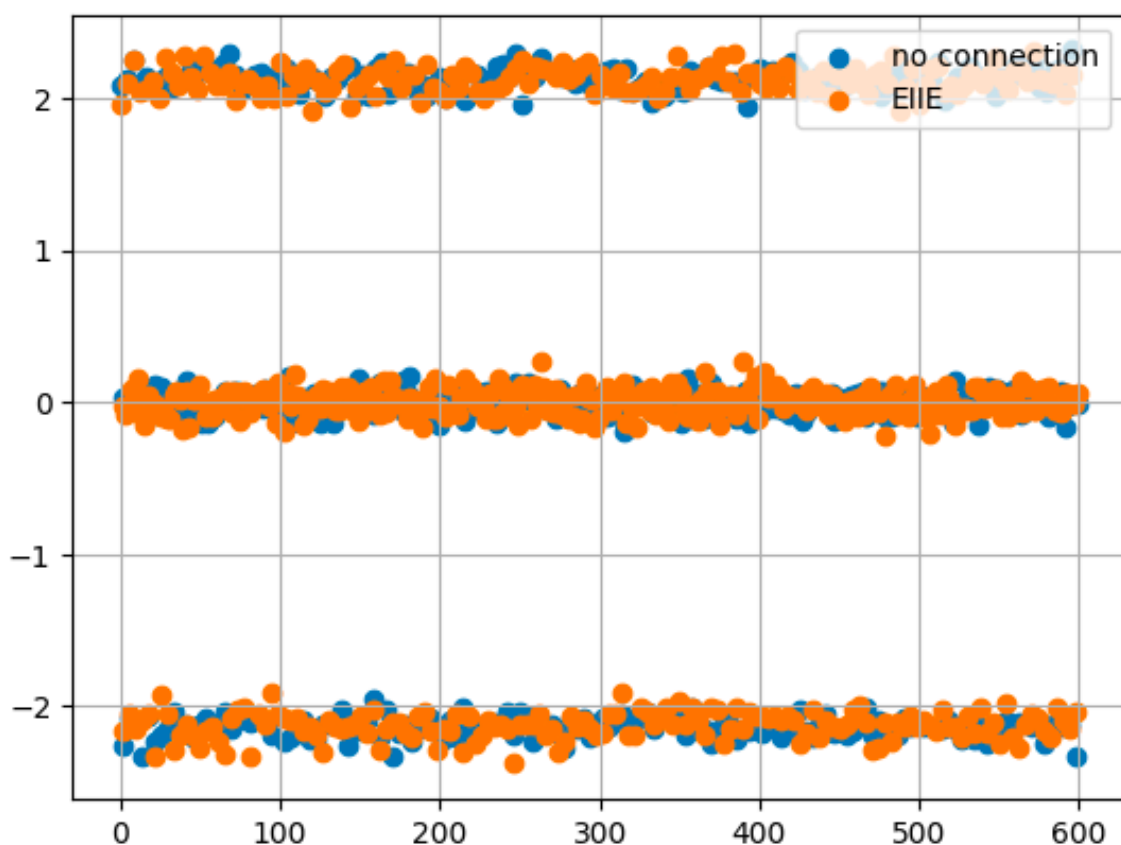
## 高频特例的分析

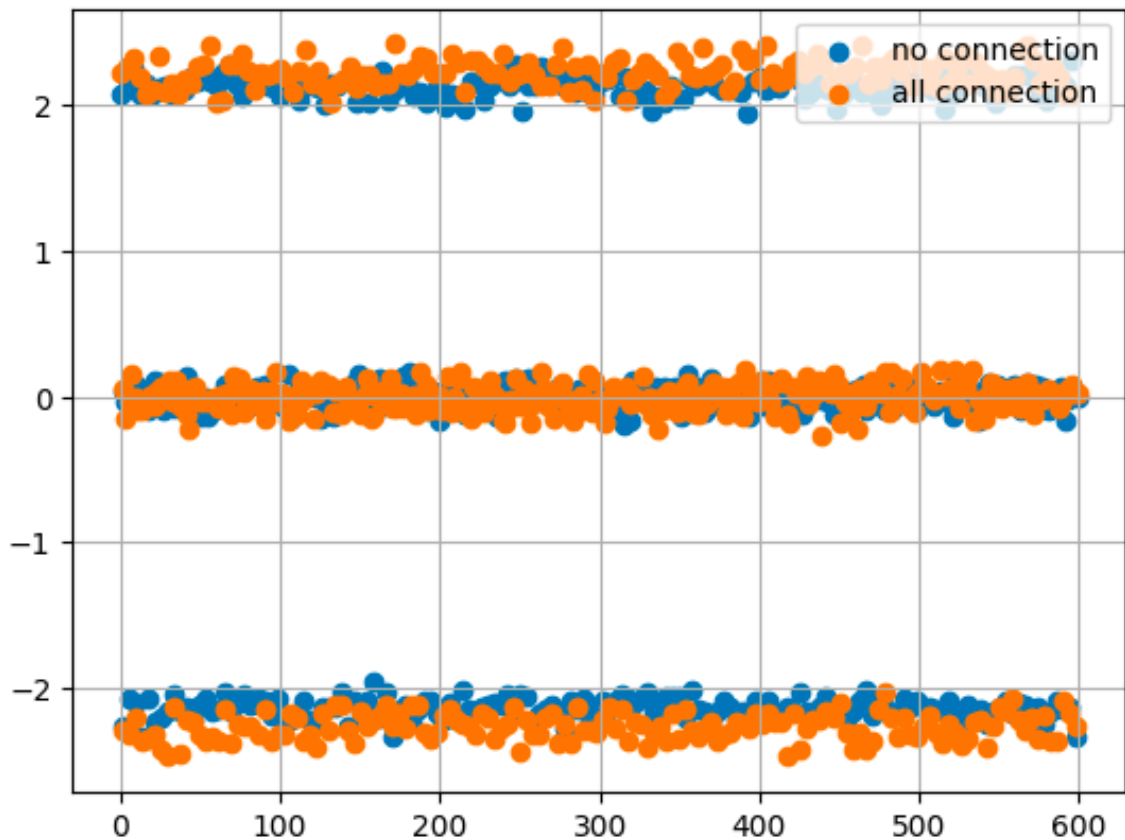
为了更好的在firing rates（未经过傅立叶变换）的角度分析差异，我们考虑在一个高频特例下进行分析，即频率取到150时，首先其在频域的结果仍然大于理论模型：

```
▶ delta_recordEIE5[0]/delta_record5[0]
[61] ✓ 0.0s
... 1.0074575601148636
```

```
▶ delta_recordall[0]/delta_record5[0]
[92] ✓ 0.0s
... 1.0707161558154183
```

同时在频率变化的角度我们可以看到：





同时我们检查了在这个频率下gain curve斜率的变化，gain curve斜率也无法解释这个差异：

```
[60] ✓ 0.1s
... array([ 1.11964838, -198.91609252])

np.polyfit(mean(mean(np.asarray(E_net_record_all_fre10/pamp),2),1),mean(np.asarray(rates_E_record_all_fre10),2)[: ,0],1)

[61] ✓ 0.2s
... array([ 1.11374804, -191.82693774])

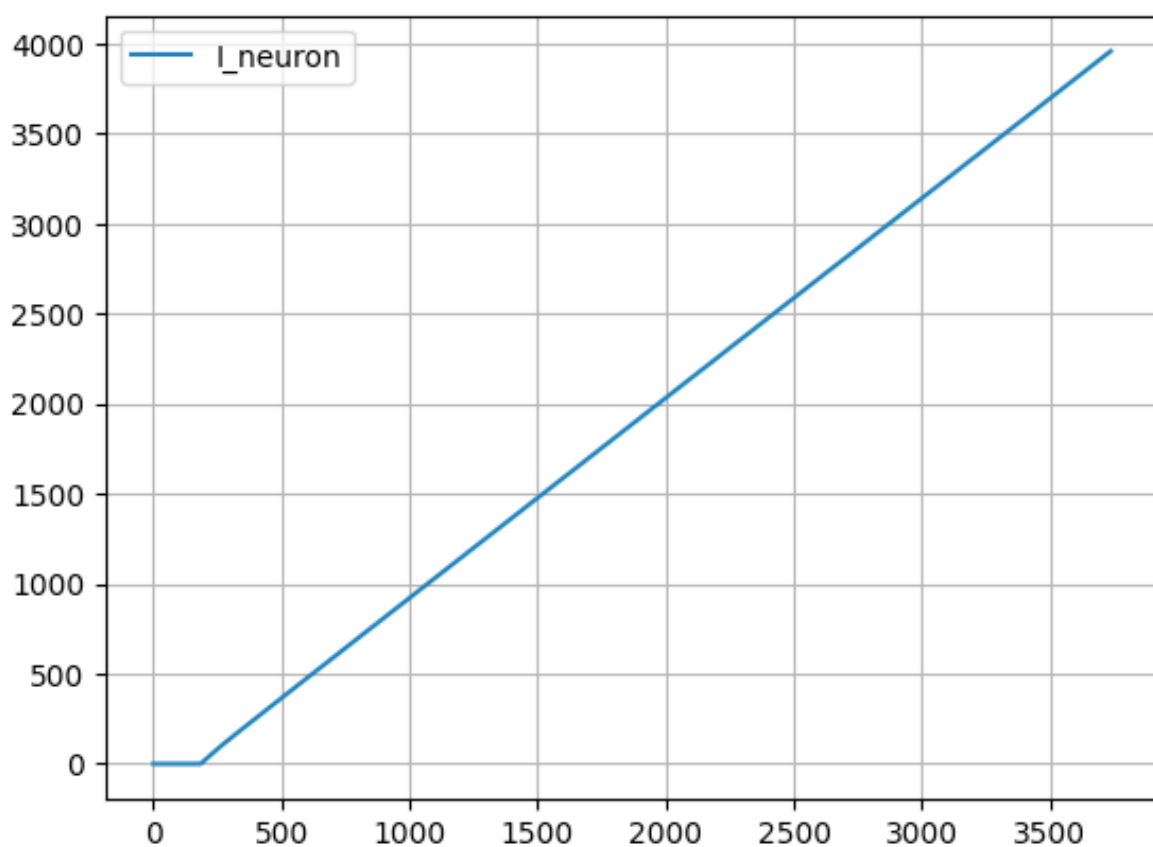
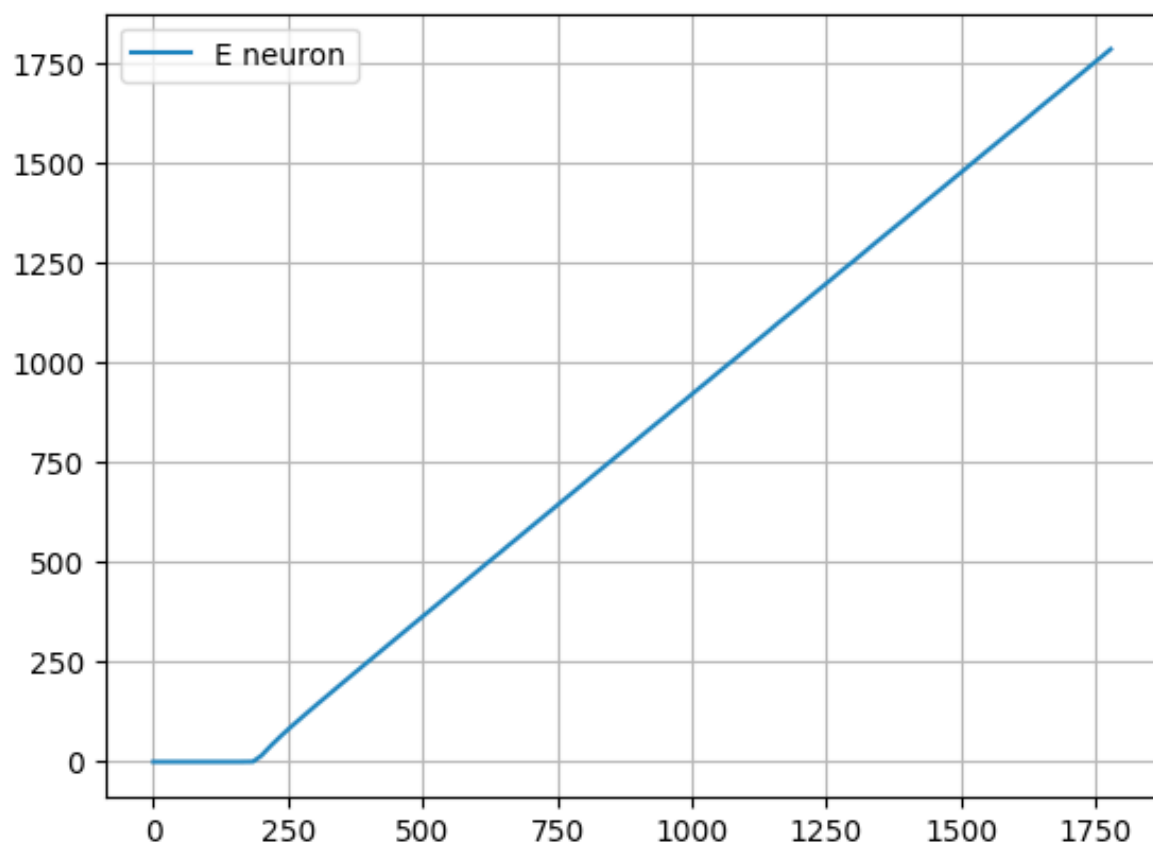
np.polyfit(mean(mean(np.asarray(E_net_record_fre10/pamp),2),1),mean(np.asarray(rates_E_record_fre10),2)[: ,0],1)

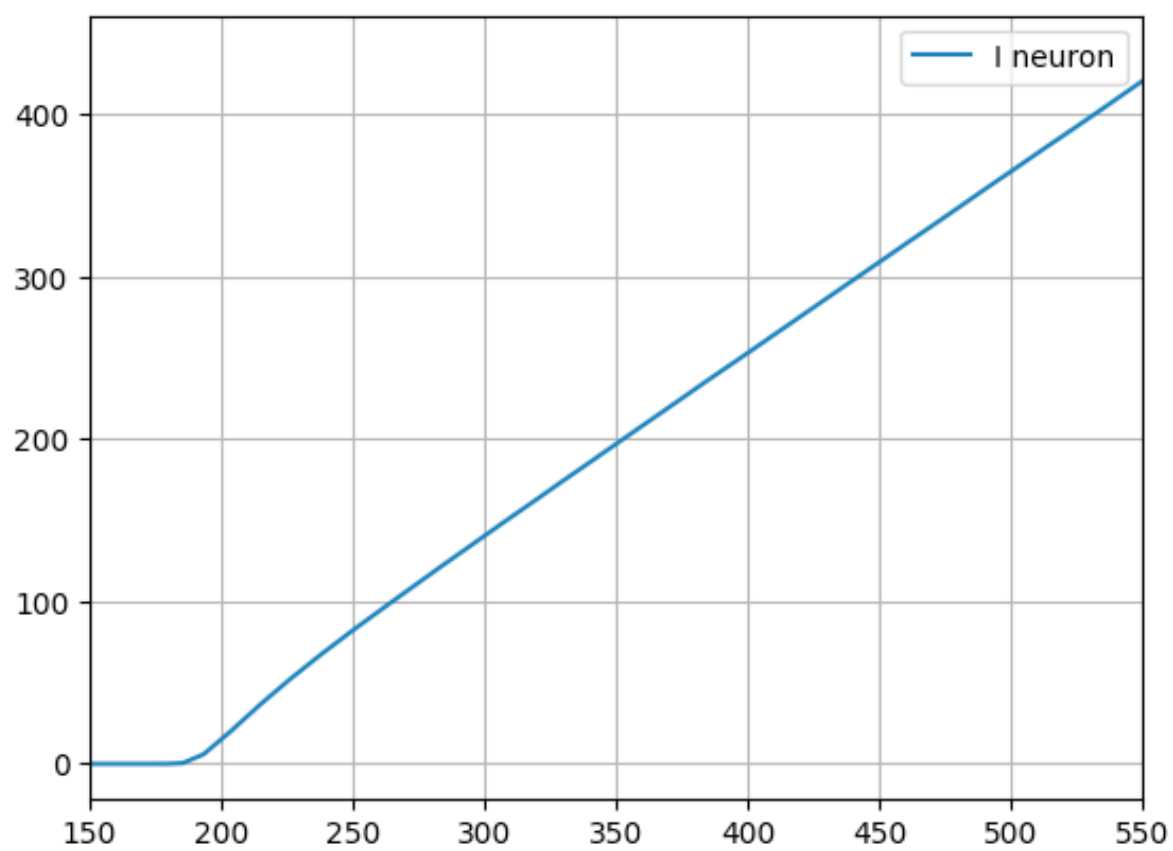
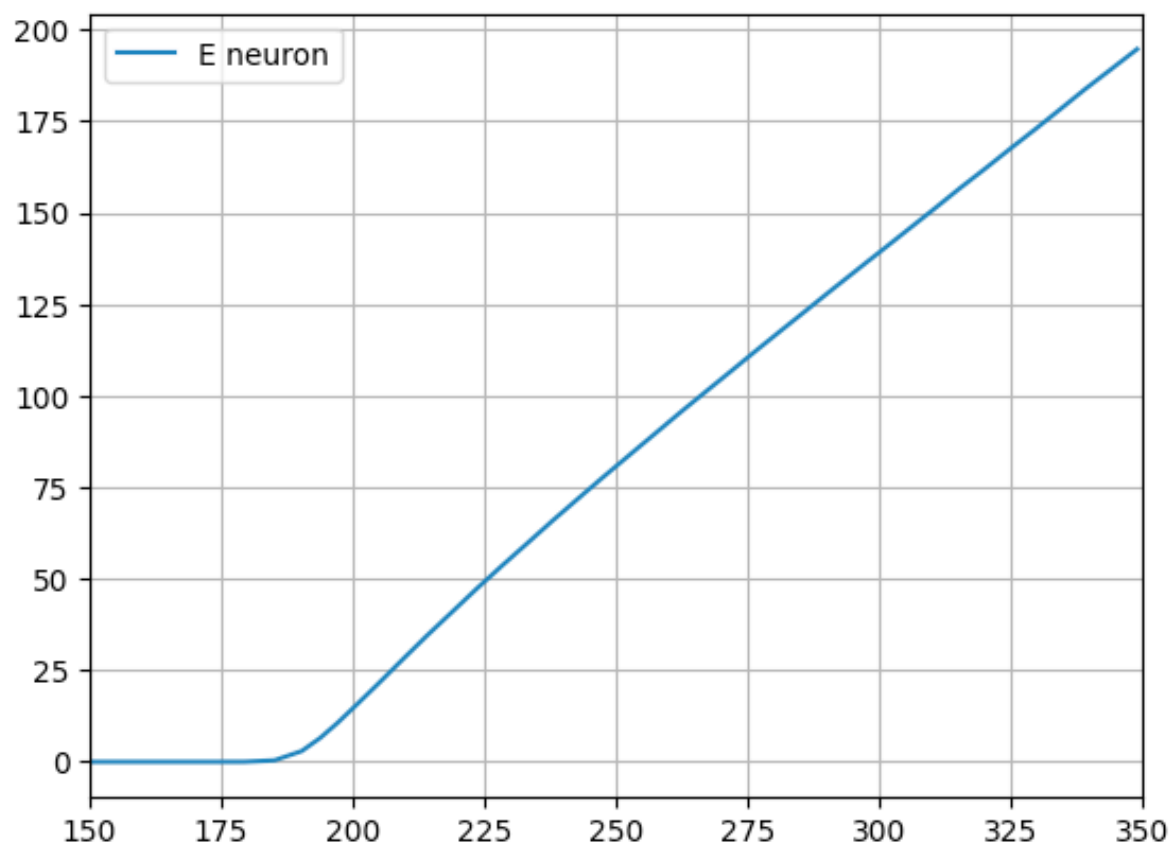
[53] ✓ 0.1s
... array([ 1.1142822 , -193.26734262])

np.polyfit(mean(mean(np.asarray(E_net_record_EIIE10/pamp),2),1),mean(np.asarray(rates_E_record_EIIE10),2)[: ,0],1)
```

## 各种条件下gain curve

- EIIE连接 ( $g_{EI}=0.015, g_{IE}=0.015$ )





- 全连接 ( $g_{EE}=0.015, g_{EI}=0.03, g_{IE}=0.03$ )



