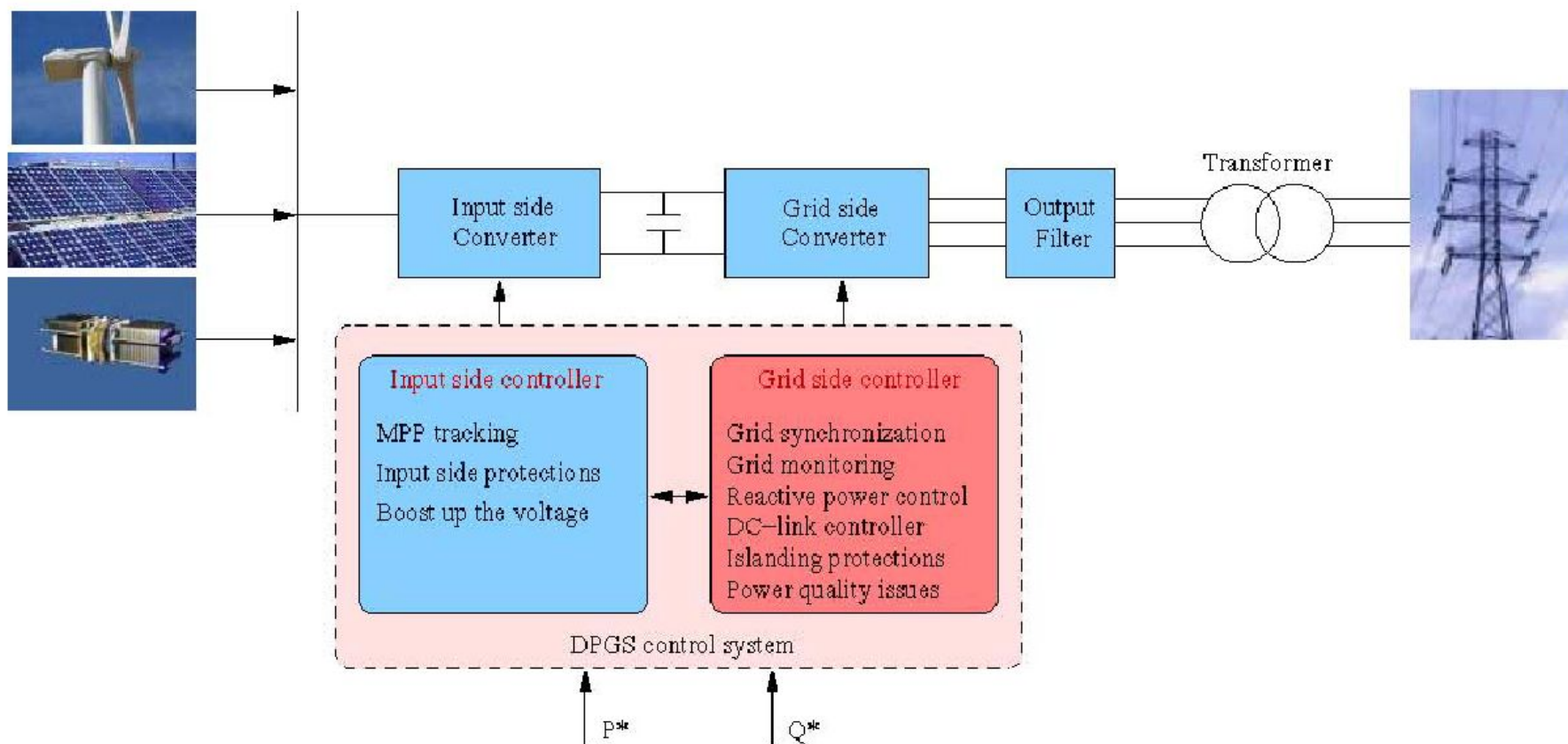


«Синтез регулятора струму
розосередженого джерела за
внутрішньою моделлю об'єкту
управління»

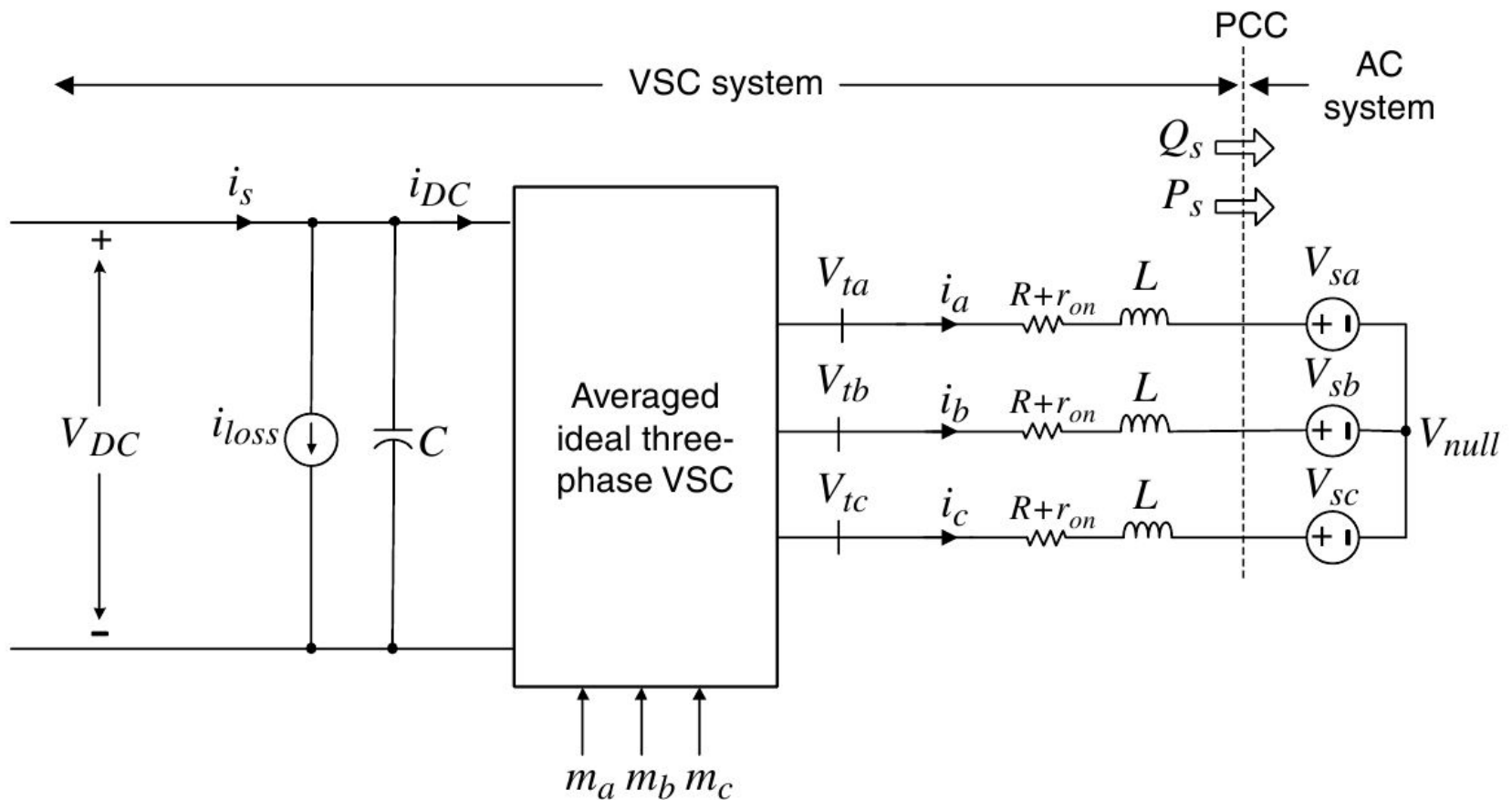
Ноздренков Валерій Станіславович, доцент, к.т.н.,
кафедра електроенергетики, Сумський державний
університет

Общая структура возобновляемого источника энергии (DER)

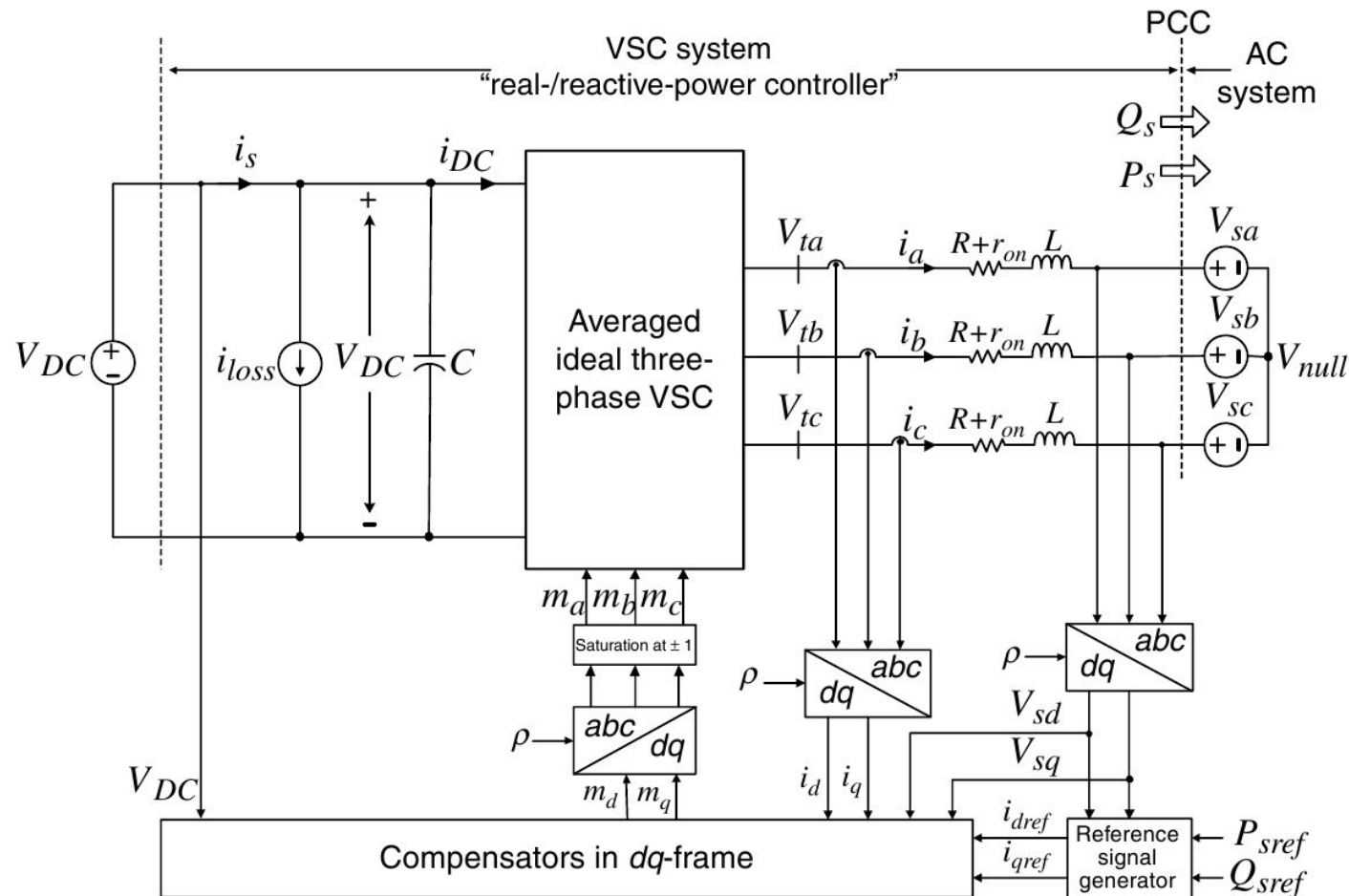


Схематическая диаграмма инвертора ведомого СЕТЬЮ

VSC / VSI (voltage source converter / inverter) - преобразователь / инвертор с питанием от источника напряжения



Структурная схема управляемого током регулятора активной/реактивной мощности



Основные уравнения в d-q системе координат

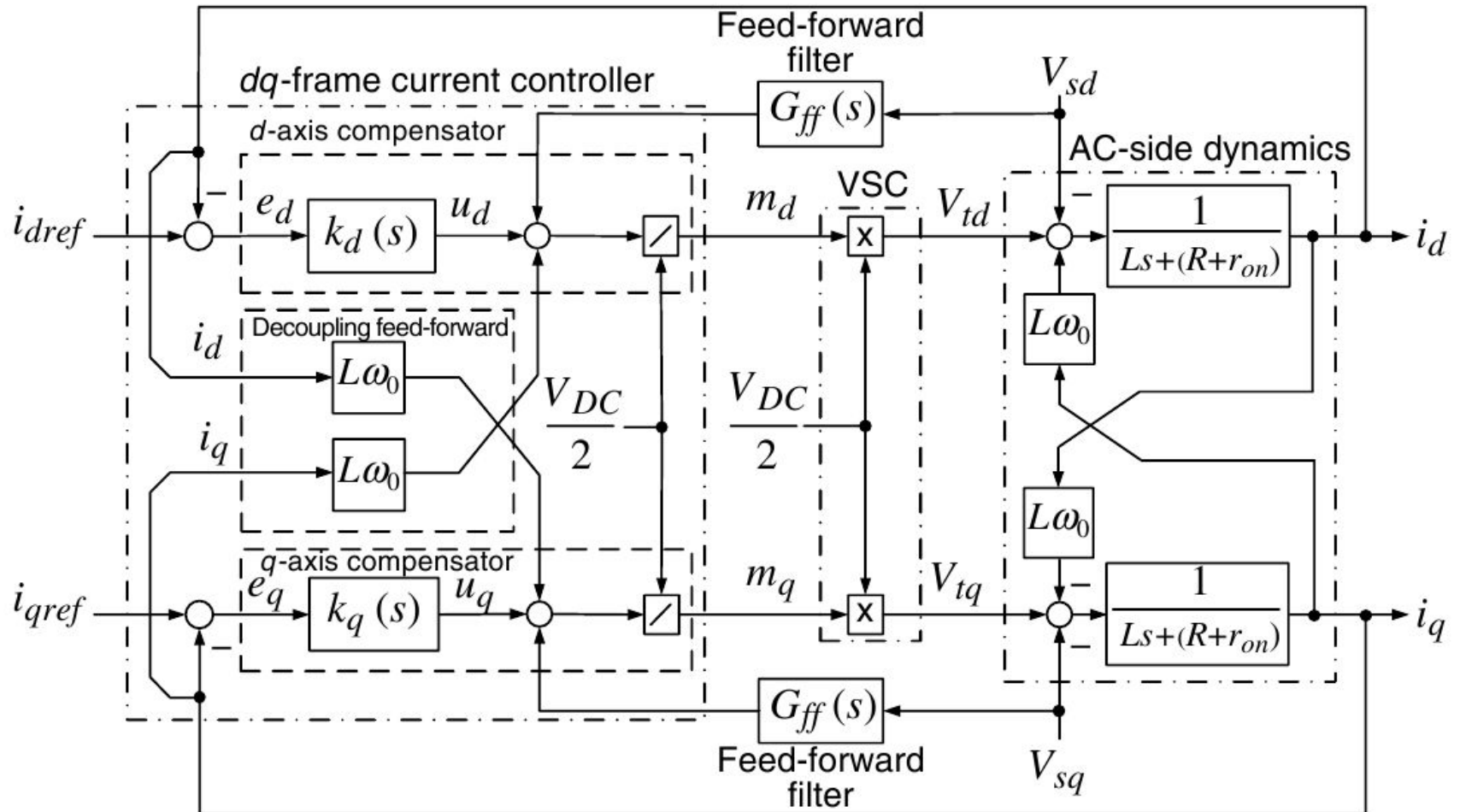
$$L \frac{di_d}{dt} = L\omega_0 i_q - (R + r_{on})i_d + V_{td} - V_{sd},$$

$$L \frac{di_q}{dt} = -L\omega_0 i_d - (R + r_{on})i_q + V_{tq} - V_{sq},$$

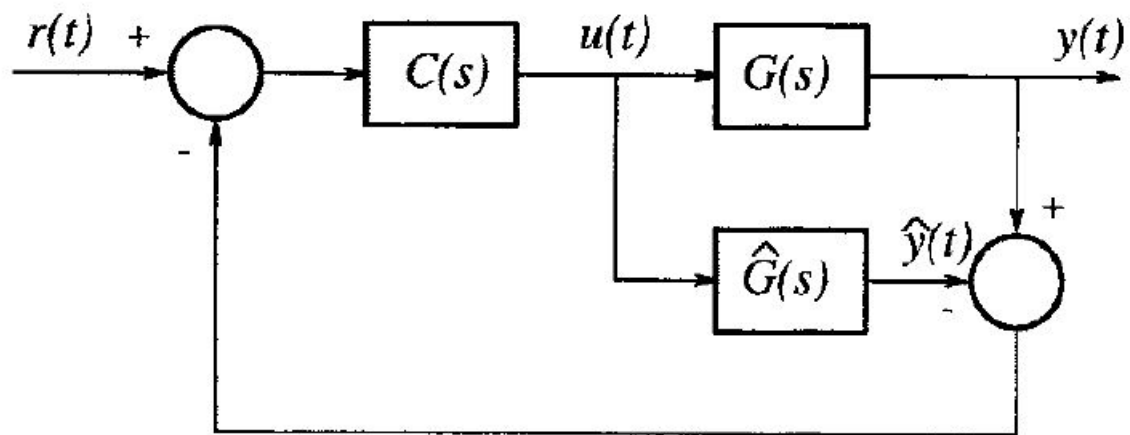
$$V_{td}(t) = \frac{V_{DC}}{2} m_d(t),$$

$$V_{tq}(t) = \frac{V_{DC}}{2} m_q(t).$$

Блок-схема регулятора



Метод внутренней модели объекта управления



$$G(s) = G_A(s)G_M(s)$$

$G_A(s)$ - Частотонезависимая часть $G(s)$

$$C(s) = G_M^{-1}(s)$$

Метод внутренней модели объекта управления

$$C(s) = G_M^{-1}(s)L(s).$$

$L(s)$ – фильтр низких частот

$$L(s) = \text{diag} \left[\frac{\alpha_1^n}{(s + \alpha_1)^n}, \frac{\alpha_2^n}{(s + \alpha_2)^n}, \dots, \frac{\alpha_{n_y}^n}{(s + \alpha_{n_y})^n} \right]$$

Где положительное целое n выбирается достаточно большим, чтобы $C(s)$ стало подходящим. Таким образом замкнутая система будет робастной при выборе значения α_i меньшим

Синтез контроллера преобразователя (VSC)

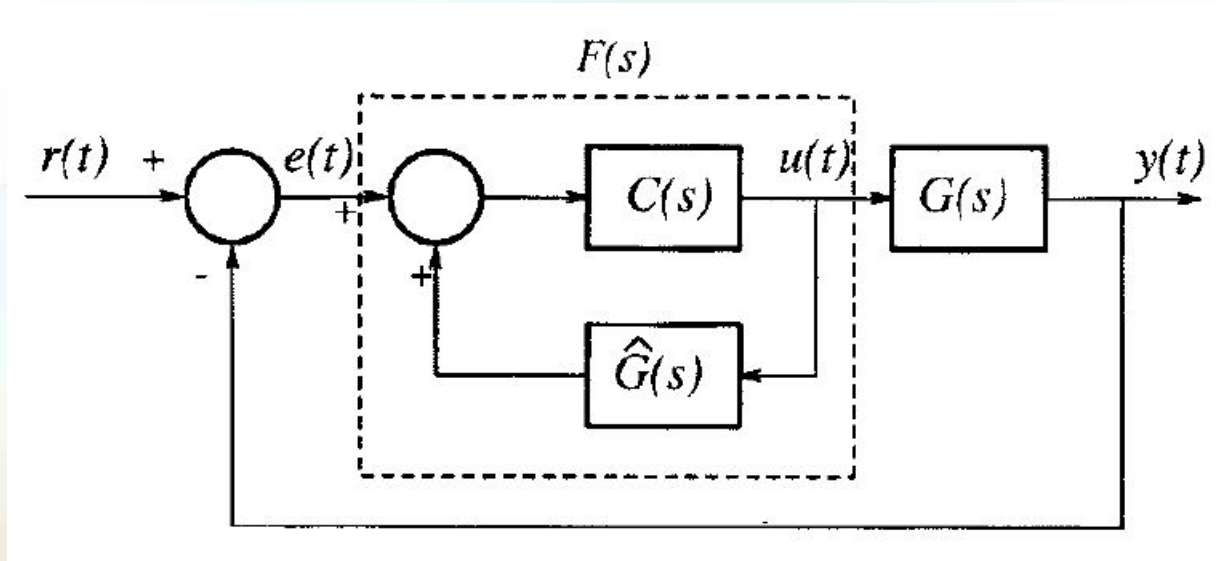
Так как $G(s)$ не имеет нулей в правой полуплоскости и ведет себя как система первого порядка

$$C(s) = G^{-1}(s)L(s)$$

$$L(s) = \frac{\alpha}{s + \alpha} I.$$

В этом и заключается основная польза использования метода внутренней модели объекта управления. Настройка ПИ регулятора сводится к выбору только одного параметра - α желаемой полосы пропускания замкнутой системы

Классическая структура системы управления



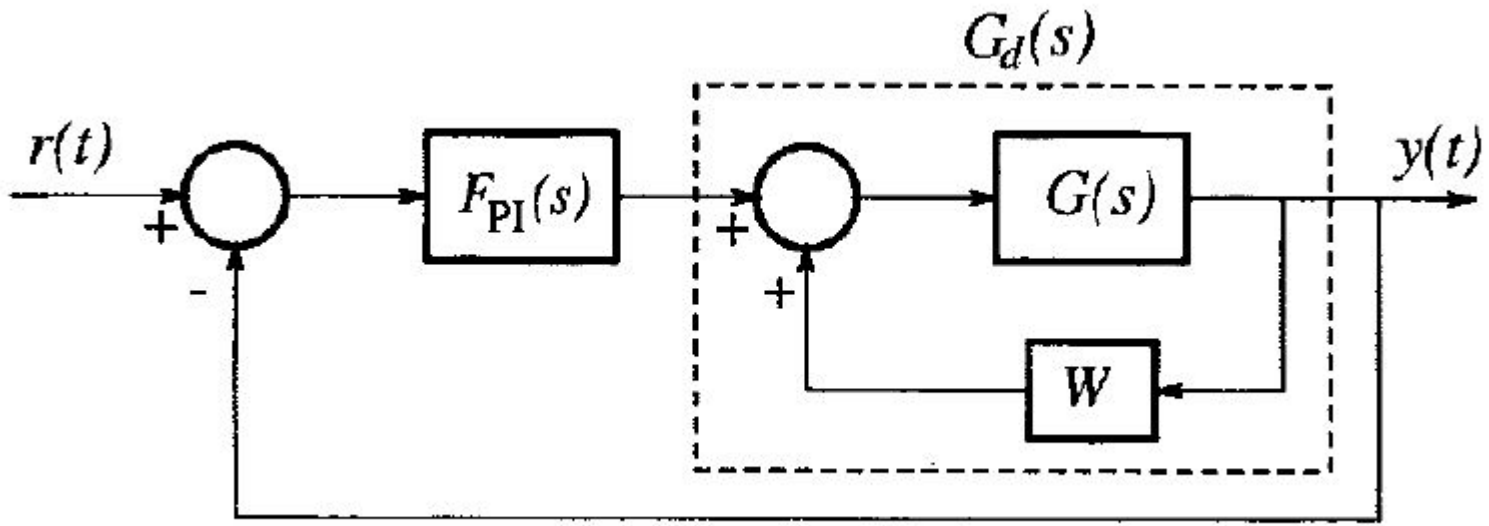
Метод внутренней модели можно рассматривать как особый случай классической структуры

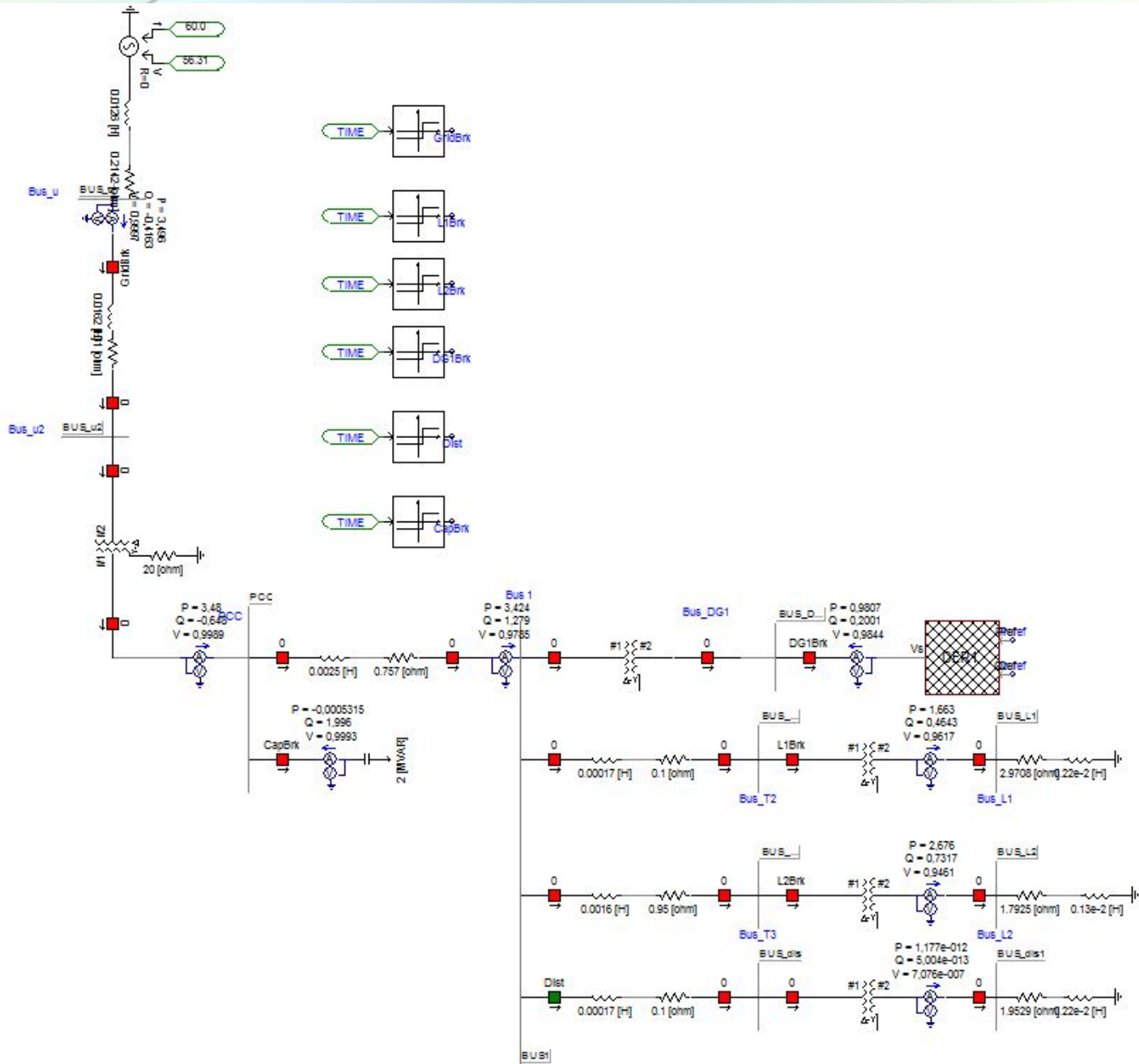
$$F(s) = [I - C(s)\hat{G}(s)]^{-1}C(s)$$

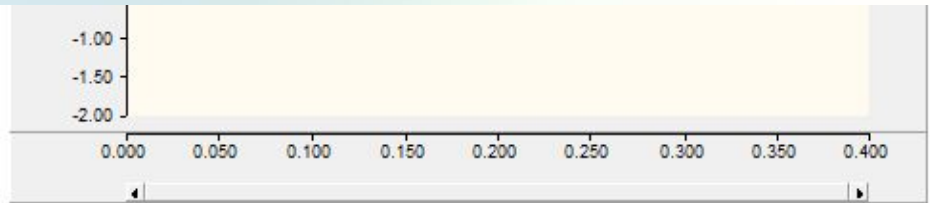
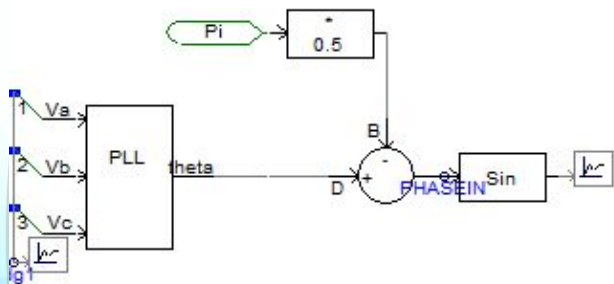
Полагая $\overset{\sphericalangle}{G} = G$

$$\begin{aligned} F(s) &= \left[I - \frac{\alpha}{s + \alpha} I \right]^{-1} G^{-1}(s) \frac{\alpha}{s + \alpha} = \frac{\alpha}{s} G^{-1}(s) = \\ &= \frac{\alpha}{s} \begin{bmatrix} sL + (R + r_{on}) & -\omega L \\ \omega L & sL + (R + r_{on}) \end{bmatrix} = \\ &= \alpha \begin{bmatrix} L \left(1 + \frac{R + r_{on}}{sL} \right) & -\frac{\omega L}{s} \\ \frac{\omega L}{s} & L \left(1 + \frac{R + r_{on}}{sL} \right) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

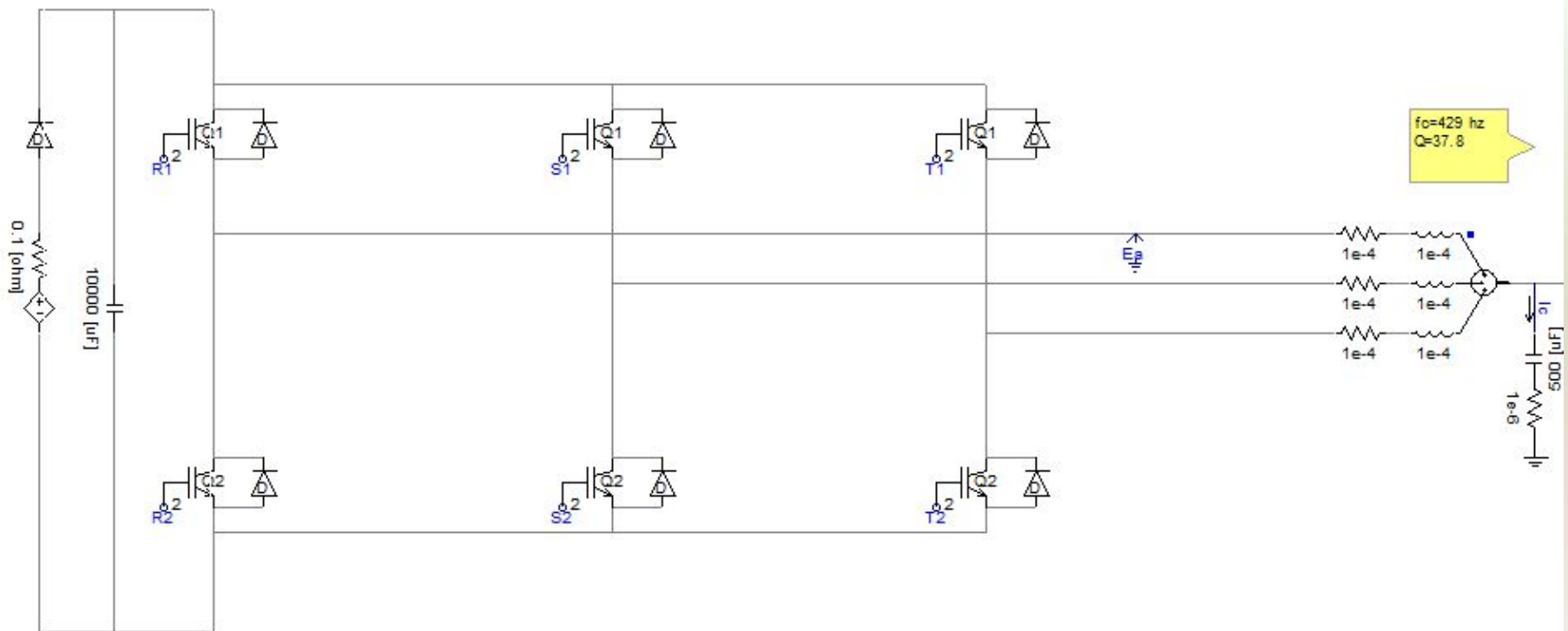
$$F_{\text{ПИ}}(s) = \begin{bmatrix} K_d \left(1 + \frac{1}{sT_i} \right) & 0 \\ 0 & K_d \left(1 + \frac{1}{sT_i} \right) \end{bmatrix}$$

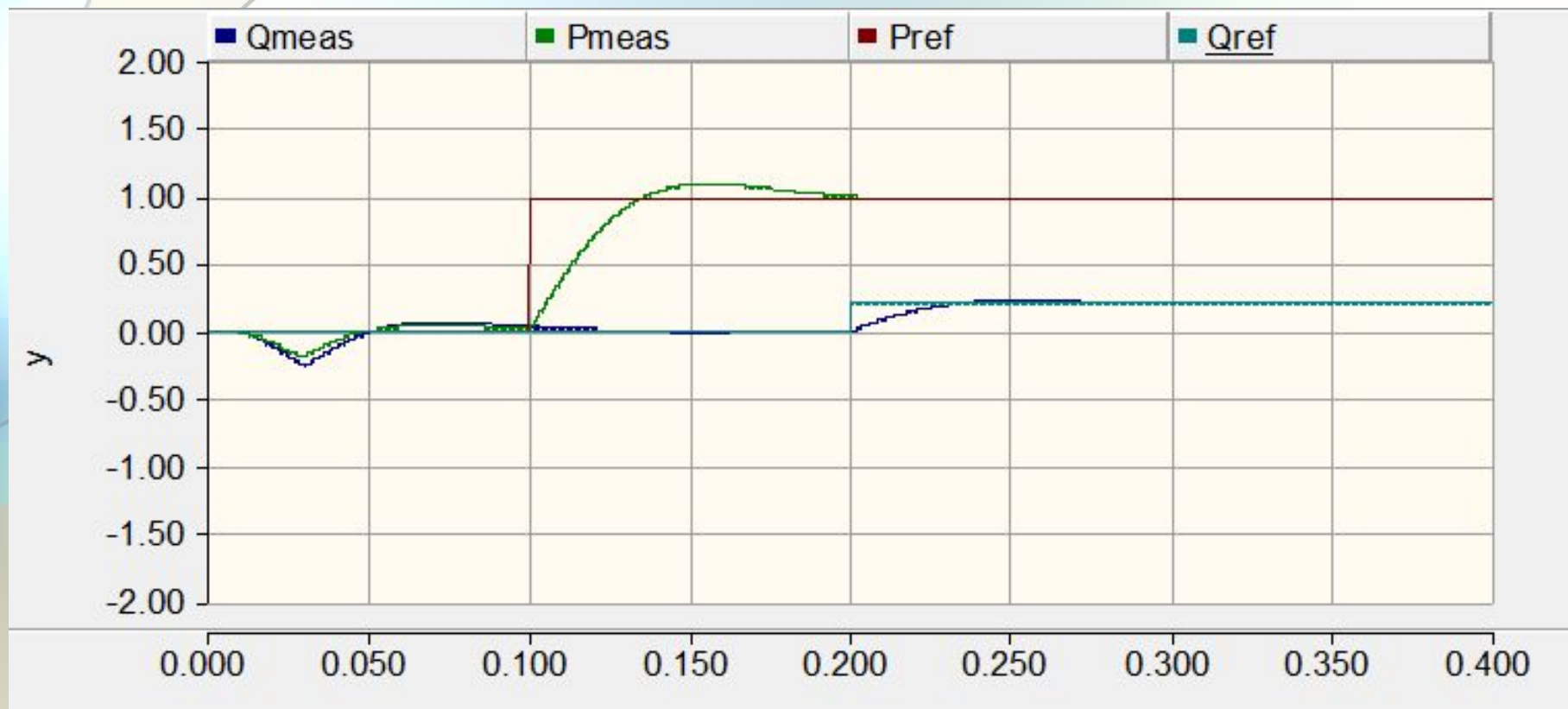






V_{og0}





Дальнейшие направления исследования

- Построение робастных регуляторов
- Анализ устойчивости энергосистемы с увеличением доли распределенной генерации

Доклад окончен, спасибо за внимание!