

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ЗАДАЧЕ НАСТРОЙКИ НАБЛЮДАТЕЛЯ ВЕКТОРА ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ ПРИНЦИПОМ КОМПЕНСАЦИИ НЕВЯЗКИ ПО ТОКУ.

*И.В. Раков, инженер 1 категории**
*В.О. Сунцов, ассистент ООД ШБИП***
**ООО «Газпром трансгаз Томск»*

***Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
 тел. +7-(3822)-27-30-13
 E-mail: rakovivan@live.com*

Для создания замкнутой по угловой скорости вращения вала системы управления электроприводом необходимо получать информацию об угловой скорости вращения двигателя при помощи прямого измерения или косвенной оценки этого параметра. В некоторых случаях прямое измерение угловой скорости вращения ротора электродвигателя невозможно выполнить вследствие существенного влияния внешней окружающей среды, технических ограничений системы, либо экономических факторов. В таком случае косвенное оценивание угловой скорости вращения электродвигателя остается единственным вариантом для создания замкнутой системы управления [1].

Наблюдатели в электроприводе можно разделить на три больших класса: это измеряющие наблюдатели, наблюдатели на основе фильтра Калмана и наблюдатели на основе моделей электромагнитных процессов в двигателе [2]. В данной работе рассмотрим наблюдатель из третьего класса – наблюдатель Люенбергера полного порядка с П-принципом отработки сигнала невязки. Система дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши для описания динамики наблюдателя двигателя постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) с П-принципом отработки невязки имеет вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{d\hat{i}_Я(k,t)}{dt} = \frac{U_Я(t) - \hat{i}_Я(k,t) \cdot R_Я - k \cdot R_Я \cdot (i_Я(t) - \hat{i}_Я(k,t)) - \hat{\omega}(t) \cdot c_{ДВ}}{L_Я} \\ \frac{d\hat{\omega}(k,t)}{dt} = \frac{\hat{i}_Я(k,t) \cdot c_{ДВ}}{J_{ДВ}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $U_Я(t)$ – напряжение якоря, $i_Я(t)$ – ток якоря, $\omega(t)$ – угловая скорость вращения якоря, $R_Я$ – результирующее сопротивление якоря, $L_Я$ – результирующая индуктивность якоря, $J_{ДВ}$ – момент инерции якоря, $c_{ДВ}$ – электромеханический коэффициент, $\hat{i}_Я(k,t)$ – оцененное значение тока якоря, $\hat{\omega}(k,t)$ – оцененное значение угловой скорости вращения якоря, $k_{Л1} = k \cdot R_Я$ – пропорциональный коэффициент отработки невязки, k – коэффициент запаса устойчивости [1].

В зависимости от выбранного в пределах от $0 < k \leq 1$ в пропорциональном коэффициенте отработки невязки $k_{Л1}$ будет зависеть точность, колебательность, статическая ошибка оценивания угловой скорости вращения ротора ДПТ НВ.

Для определения оптимального значения k воспользуемся генетическим алгоритмом, избавление от знака невязки и расчет значения целевой функции для которого будет выполнено по формуле (2):

$$\Psi(k, t) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} |\omega(t) - \hat{\omega}(k,t)| dt}{\int_{t_1}^{t_2} |\omega(t)| dt} \cdot 100\%. \quad (2)$$

где $\Psi(k, t)$ – значение целевой функции, $\omega(t)$ – угловая скорость вращения ДПТ НВ, t_1, t_2 – нижний и верхний предел интегрирования.

Перед тем, как будет проведена оптимизация настройки коэффициента k с помощью генетического алгоритма, проследим графически, как меняется значение целевой функции при изменении $0 < k \leq 1$ с шагом 0.01 на четырех отдельных промежутках $[0; 0.5]$ –

участок пуска (I), [1.5; 2.5] – участок наброса нагрузки (II), [0; 5] – полный диапазон (III), [0; 0.5 ∪ 1.5; 2.5] – участок пуска и наброса нагрузки (IV). Как видно на рис. 1 для участка II, III, IV существует свой экстремум. Для участка I не существует экстремума, значение k стремится к 0. После того, как визуально определены оптимальные коэффициенты k для промежутка II, III, IV и выбран минимальный коэффициент k для участка I перейдем к решению целевой функции с помощью генетического алгоритма. Результаты работы генетического алгоритма и погрешность оценивания представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты работы генетического алгоритма

Предел интегрирования, с	[0; 0.5]	[1.5; 2.5]	[0; 5]	[0; 0.5 ∪ 1.5; 2.5]
Значение коэффициента запаса устойчивости k , о.е.	0.01	0.802	0.504	0.356
Погрешность оценивания угловой скорости вращения, $e(k, t)$, %	1.56	2.33	1.11	1.18

Анализ результатов, полученных при визуальном оценивании целевой функции и при использовании генетического алгоритма, подтверждает, что генетический алгоритм работает и его можно использовать в задаче настройки наблюдателя Льюенбергера. Восстановим значения оцененной угловой скорости вращения при использовании коэффициентов k , из таблицы 1. Результаты представлены на рис. 2.

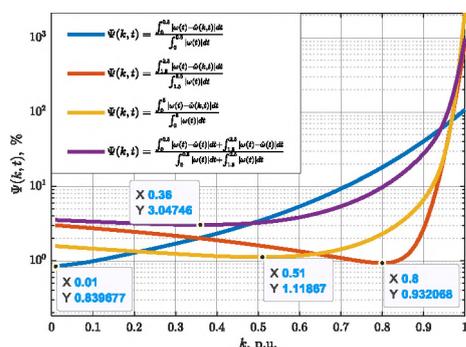


Рис. 1. Графическое решение целевой функции.

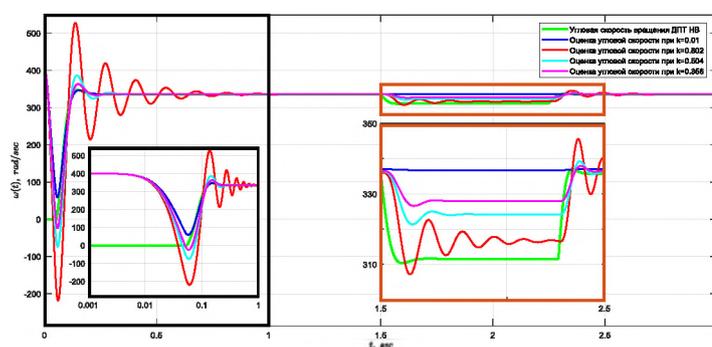


Рис. 2. Восстановленные значения оцененной угловой скорости вращения при различных k .

Анализируя процессы на рис. 2, можно сделать следующие выводы:

1. Прослеживается зависимость между увеличением значения k и увеличением колебательности оцененной угловой скорости, также заметно, что с увеличением значения k увеличивается и чувствительность к изменению нагрузки на валу двигателя, как следствие статическая ошибка при увеличении k уменьшается.
2. Для качественной отработки управляющих воздействий на ДПТ НВ с минимальной колебательностью и максимальным запасом устойчивости необходимо максимально уменьшать значение k , однако при уменьшении k возрастает статическая ошибка и уменьшается чувствительность к изменению момента сопротивления.

Список литературы:

1. Глазырин, А. С. Пропорциональный и пропорционально-интегральный принципы отработки невязки в наблюдателе полного порядка электромеханического объекта с линеаризованной моделью // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1(58). – С. 28-39.
2. Калачев Ю. Н. Наблюдатели состояния в векторном электроприводе // М.: Самиздат. – 2015 — 80 с.