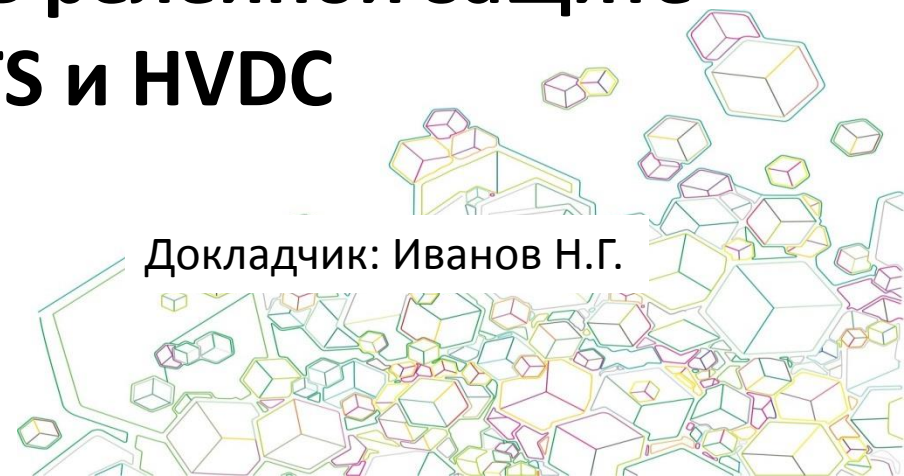




Антонов В.И., Наумов В.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В.

Адаптивный структурный анализ аварийных сигналов в релейной защите сетей с FACTS и HVDC

Докладчик: Иванов Н.Г.



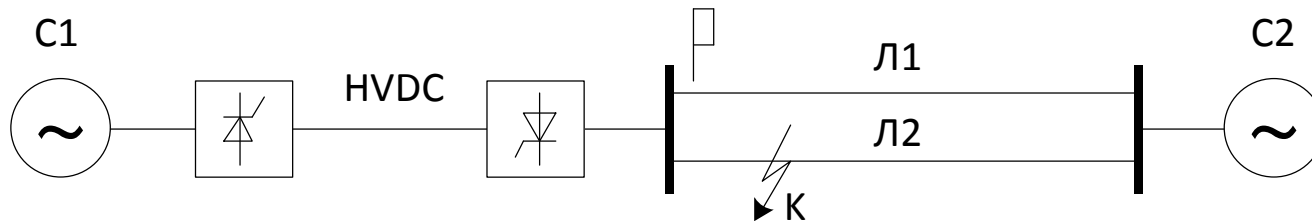
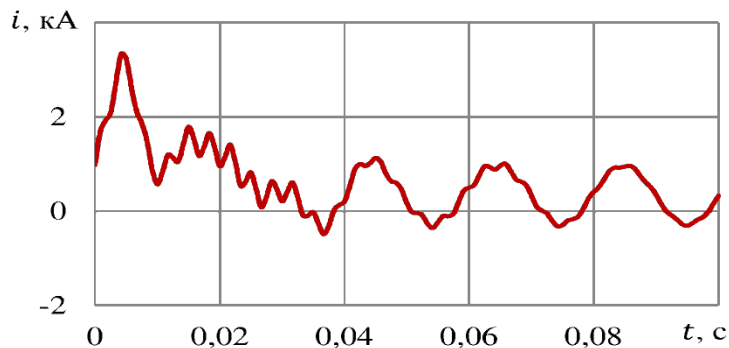
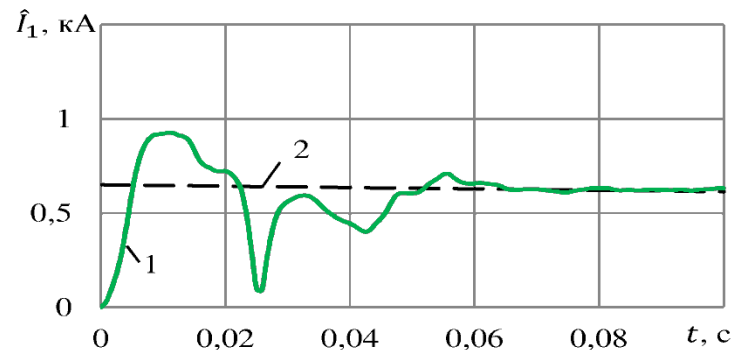


Схема сети с HVDC

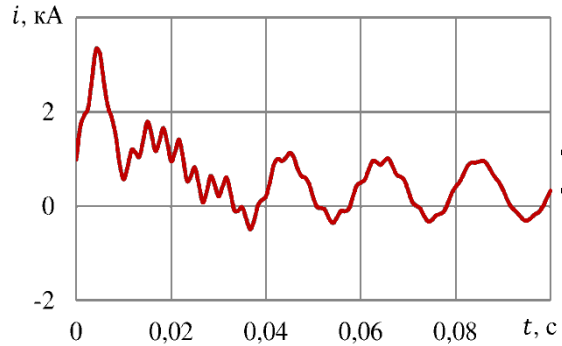


а)

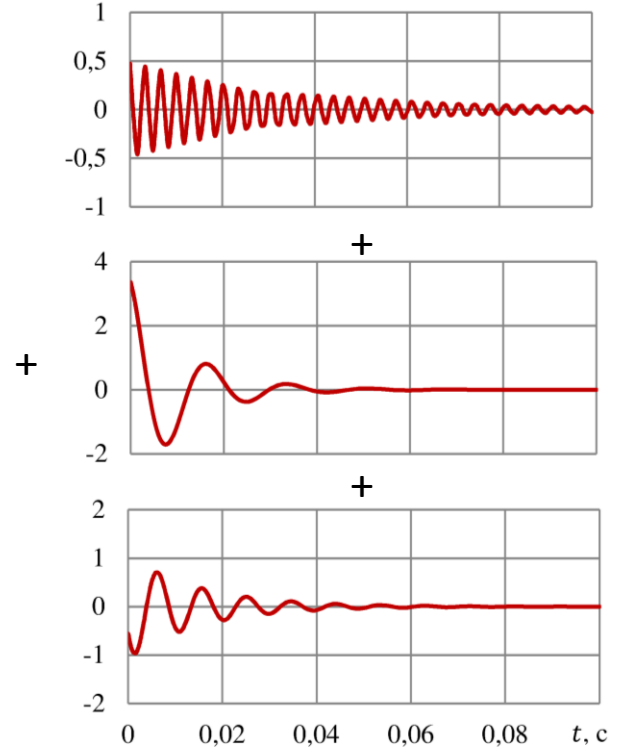
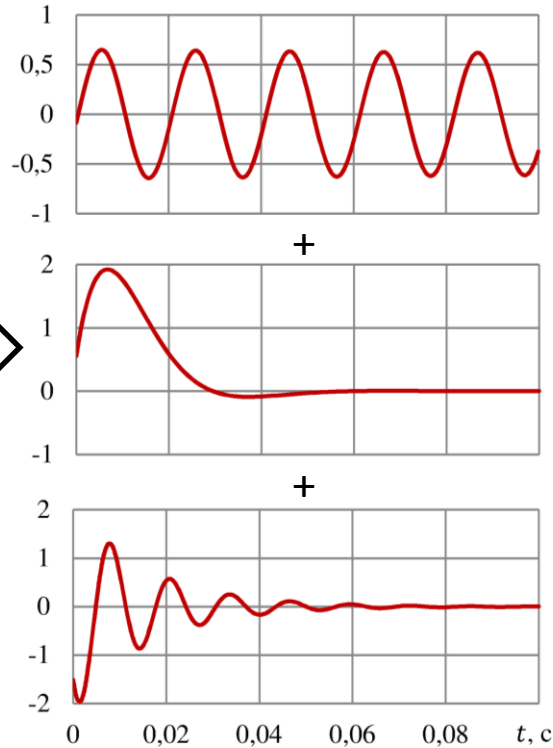
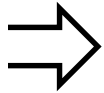


б)

Кривая фазного тока при коротком замыкании в сети, отягощенной аварийно-ошибочной коммутацией на преобразовательной станции HVDC (а) и оценка амплитуды основной гармонки фильтром Фурье (б)



Сигнал



Представление сигнала в базисе собственных мод

Распознавание сигнала аварийного процесса осуществляется в условиях априорной **структурной неопределенности** – неизвестности числа слагаемых сигнала, их частот и коэффициентов затухания.

Для разрешения неопределенности используется адаптивная структурная модель:

$$a_0 \hat{x}(k) = - \sum_{m=1}^M a_m x(k-m) \quad (1)$$

Частоты ω_i и коэффициенты затухания α_i слагаемых сигнала определяются по корням характеристического полинома

$$P(\underline{\zeta}) = \sum_{m=0}^M a_m \underline{\zeta}^{-m} \quad (2)$$

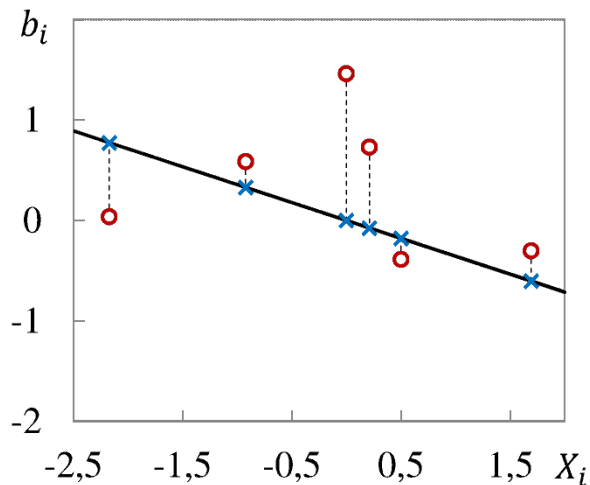
$$(\alpha_i + j\omega_i)T_s = \ln \underline{\zeta}_i \quad (3)$$

Неизвестные коэффициенты a_m определяются из системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} x(k-L-M)a_M & \dots & x(k-L)a_1 & = & -x(k-L+1) \\ & \vdots & & & \vdots \\ x(k-M)a_M & \dots & x(k-1)a_1 & = & -x(k) \end{cases} \quad (1)$$

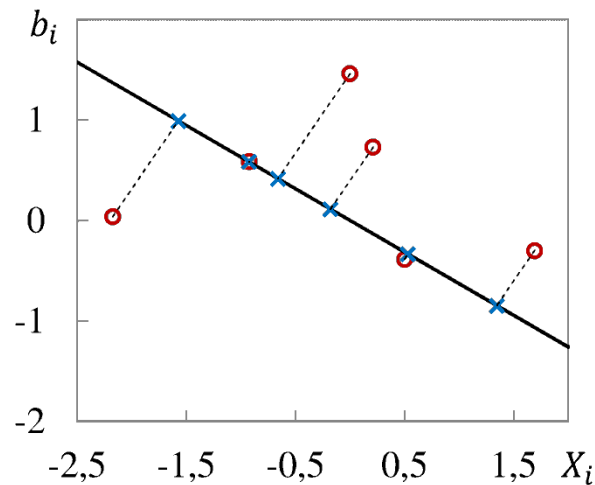


$$\mathbf{Xa} \approx \mathbf{b} \quad (2)$$



Основанные на решении задачи наименьших квадратов:

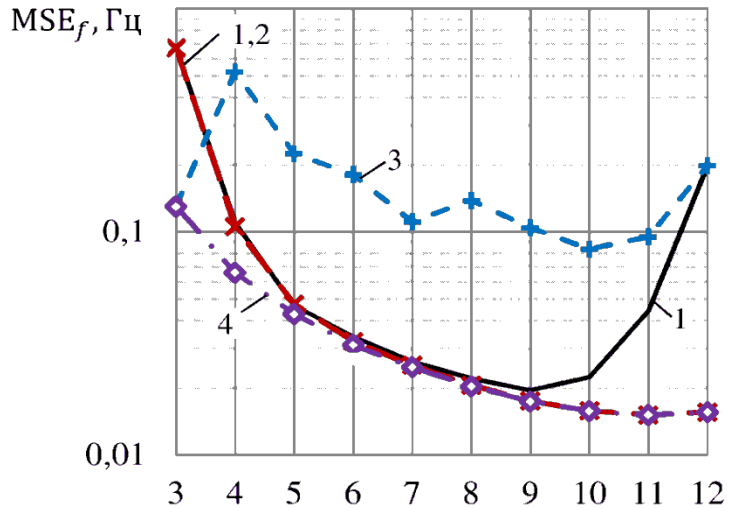
- Винеровская оценка
- Решение с минимальной нормой



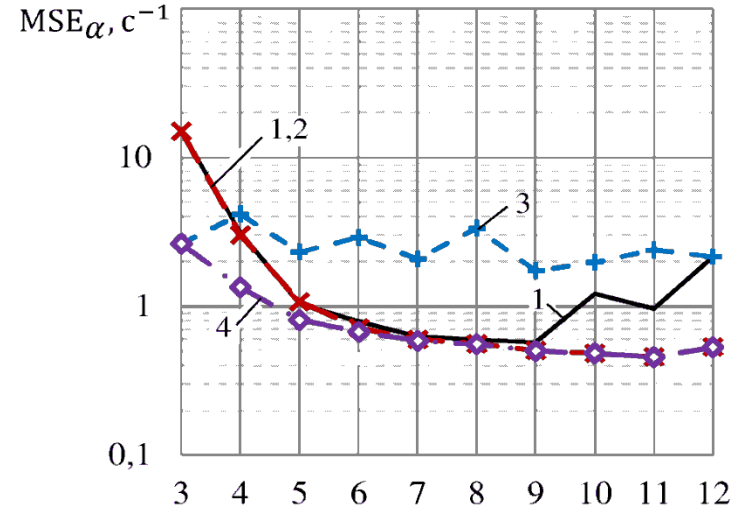
Основанные на решении общей задачи наименьших квадратов:

- Базовое решение
- Решение с минимальной нормой

Тестовый сигнал: $x(k) = \cos\left(\frac{\pi}{12}k\right) - e^{-\frac{k}{24}} + x_n(k)$.



а)



б)

Среднеквадратическая погрешность оценки частоты основной гармоники (а) и коэффициента затухания апериодической слагаемой (б) при $SNR = 100$ и размере выборки 24 отсчета: 1 – Винеровская оценка; 2 – решение НК с минимальной нормой; 3 – базовое решение общей задачи НК; 4 – решение общей задачи НК с минимальной нормой.



1. Использование адаптивного структурного анализа позволяет повысить точность и селективность релейной защиты, работающей в условиях искажения входных сигналов свободными составляющими аварийного процесса в сетях с FACTS и HVDC.

2. При распознавании сигнала, представленного короткой выборкой отсчетов, порядок структурной модели ограничен. Поэтому предпочтение следует отдавать методу решения общей задач наименьших квадратов с минимальной нормой.

3. При распознавании сигнала, представленного длинной выборкой отсчетов, различия между методами настройки нивелируются. Поэтому с точки зрения эффективного использования вычислительных ресурсов предпочтение следует отдать решению задачи наименьших квадратов с минимальной нормой.

Спасибо за внимание

