

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

**ДИНАМИКА
НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы
X Всероссийской научно-технической
конференции**

ДНДС–2013

ЧЕБОКСАРЫ 2013

УДК 621.3:018.783:621.314
Д44

Редакционная коллегия:

В.Г. Агаков, Г.А. Белов, Н.М. Лазарева

Печатается по решению Ученого совета
Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова

Динамика нелинейных дискретных электротехнических
Д44 и электронных систем: материалы 10-й Всерос. науч.-техн.
конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. – 386 с.

ISBN 978–7677–1837–5

Излагаются вопросы динамики элементов и систем силовой электроники, элементов и систем электропривода с полупроводниковыми преобразователями, представлены доклады по цифровой обработке сигналов, математическому моделированию процессов в электротехнических и электромеханических системах, релейной защите энергосистем; представлены доклады по тонкопленочным фотоэлектрическим преобразователям и сенсорам.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

ISBN 978–7677–1837–5

УДК 621.3:018.783:621.314

© Издательство
Чувашского университета, 2013
© Коллектив авторов, 2013

В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.И. Фомин, А.В. Солдатов
(Чебоксары, ООО НПП «ЭКРА»)

ЭФФЕКТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ СИГНАЛОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АЛГОРИТМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Одним из факторов, влияющих на быстродействие цифровых защит, является их способность определять параметры входного сигнала на коротком отрезке аварийного режима. Для этого они должны использовать специальные алгоритмы оценки параметров сигналов на окне наблюдения меньше периода основной гармоники. В случае применения алгоритмов, сопровождающихся разделением частотных полос сигнала, необходимо предусмотреть специальные фильтры для исключения высокочастотной составляющей боковой полосы [1]. Поскольку полоса боковых частот расположена близко к частоте основной гармоники, то при высокой частоте дискретизации высокочастотные составляющие во входном сигнале могут быть сильно подчеркнуты этими фильтрами, что отрицательно влияет на определение параметров основной гармоники.

Покажем эффекты, возникающие в алгоритме Фурье, при определении параметров входного сигнала на коротком окне размером в четверть периода основной гармоники f_0 электрической сети.

В классическом виде алгоритм Фурье на четверти периода неприменим, так как операция усреднения принципиально не может исключить высокочастотную составляющую боковой частоты $2f_0$. Обычно для подавления составляющей боковой частоты используют заграждающий фильтр [2], эффективность работы которого сильно зависит от частоты дискретизации входного сигнала.

Если частота среза $\omega_s T_s < \pi/2$, то заграждающий фильтр подчеркивает составляющие верхних частот, поскольку $H(\pi)/H(0) > 1$ (рис. 1, характеристика 1). Это приводит к подчеркиванию полуволн АЧХ фильтра Фурье в высокочастотной области (рис. 2, характеристика 1). Когда $\omega_s T_s \geq \pi/2$, заграж-

дающий фильтр обеспечивает подавление составляющей $2f_0$, не внося существенного изменения в высокочастотной области АЧХ Фурье.

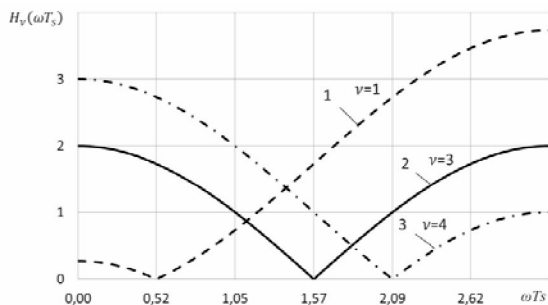


Рис. 1. АЧХ заграждающего фильтра:

- 1 – АЧХ при исходной частоте дискретизации $f_s = 1200$ Гц; частоте $2f_0 = 100$ Гц соответствует $\omega T_s = \pi/6$ рад;
- 2 – при $f_s/3$ ($\omega T_s = \pi/2$ рад); 3 – при $f_s/4$ ($\omega T_s = 2\pi/3$ рад)

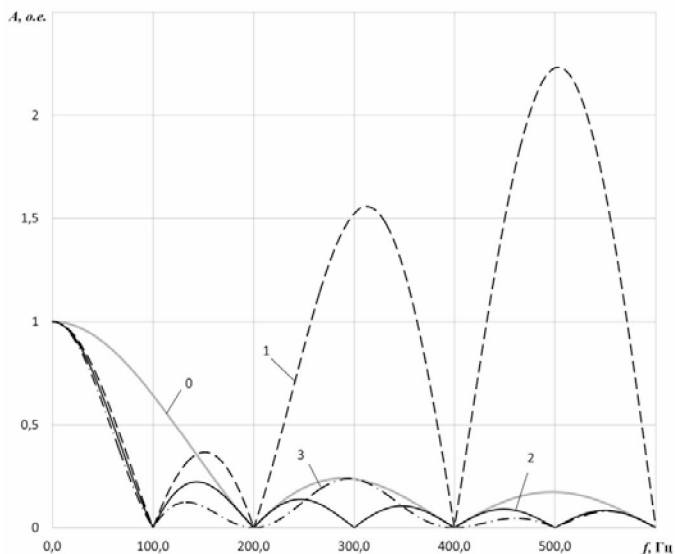


Рис. 2. АЧХ фильтра Фурье с коротким окном наблюдения $N/4$ при различных шагах децимации v входных отсчетов заграждающего фильтра:

- 0 – при исходной частоте дискретизации;
- 1-3 – с заграждающим фильтром $2f_0$ при шаге децимации $v = 1, 3, 4$ соответственно

Оптимальная частота среза равна $\omega_0 T_s = \pi/2$. При этом АЧХ Фурье имеет самое лучшее подавление составляющих верхних частот входного сигнала, а сам алгоритм оценки параметров основной гармоники имеет оптимальное быстродействие.

Выводы:

1. Эффекты дискретизации входных сигналов цифровой релейной защиты проявляются в основном как эффекты отражения их частотных характеристик относительно частоты Найквиста.

2. Обоснованный выбор шага децимации отсчетов сигнала, особенно при высокой частоте дискретизации, позволяет использовать эффекты дискретизации для придания алгоритмам обработки входных сигналов цифровой релейной защиты новых преимуществ.

3. Использование эффекта виртуального изменения частоты дискретизации в алгоритмах Фурье с коротким окном позволяет приблизить его характеристику к характеристике классического алгоритма Фурье.

Литература

1. Антонов В.И. Алгоритмы Фурье для быстродействующих цифровых защит / В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов, А.И. Фомин. РЭЛАВЭКСПО-2012: сб. тезисов докладов. – С. 75–76.

2. Лямец Ю.Я. Разложение входных величин релейной защиты на ортогональные составляющие / Ю.Я. Лямец, Н.В. Подшивалин // Известия РАН. Энергетика и транспорт. – 1986. – №3. – С. 62–70.

<i>Герасимов А.А.</i> Моделирование синхронных и асинхронных двигателей в ПАК RTDS	321
<i>Антонов В.И., Наумов В.А., Фомин А.И., Солдатов А.В.</i> Эффекты дискретизации сигналов и их использование в алгоритмах релейной защиты	325

ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ В ВЫСШЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ..... 328

<i>Каган А.В.</i> Математическая модель синхронной машины в переходных режимах работы	328
<i>Лазарева Н.М., Яров В.М., Павлов Ю.В.</i> Моделирование процессов в мостовом аперiodическом конверторе	330
<i>Королёва А.В., Колбасинский Д.В.</i> Лабораторный стенд «СУ–555–1» для изучения нелинейных и дискретных систем в электротехнике, электроэнергетике и электротранспортных системах	335
<i>Захаров В.Г., Иванов О.Г., Никоноров В.В.</i> Символьный расчет электрических цепей в базисе проводимостей	341
<i>Петров И.К.</i> Цифровой датчик потенциала почвенной влаги	345
<i>Фоменкова Е.О.</i> Модель импульсного стабилизатора напряжения на основе двухтактного мостового инвертора в режиме управления Peak Current Mode	347
<i>Каткова А.А.</i> Усовершенствование модели Джилса–Атертона магнитного материала для решения проблемы моделирования частных петель	349
<i>Салахова А.Ш., Денисов Е.С.</i> Имитационная модель системы дистанционного управления экспериментом	351
<i>Чернова Н.В., Абдуллин Л.И.</i> Математическое моделирование районных электрических сетей как фактор повышения эффективности их функционирования	353
<i>Александров Е.Ю.</i> Современные тенденции развития САПР	356