УДК 621.398

А.П.ШЕВЧУК
Горно-электромеханический факультет, группа ЭР-05-1,
ассистент профессора

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИЙ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК АКТИВНЫМ ФИЛЬТРОМ

Рассматривается актуальная проблема компенсации гармонических составляющих тока на примере создания активного фильтра с нечетким управлением. Данное техническое решение является наиболее перспективным для компенсации гармонических искажений и коррекции коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения. Результаты испытаний подтвердили высокую эффективность активного фильтра.

In this paper an actual problem – the reduction of line current harmonic is discussed with the example of fuzzy controlled APF design. This is the most perspective decision that make possible to reduce line current harmonic and to correct factor of sinusoidal view of line of voltage. Results of testing are corroborate the efficiency of APF.

В последние годы нелинейная нагрузка широко используется в системах электроснабжения горных и нефтегазодобывающих предприятий. Примером могут служить преобразователи частоты – это основной вид нелинейной нагрузки в сетях нефтегазодобывающих предприятий. Следствием применения данных преобразователей частоты является искажение формы кривых тока и напряжения, что приводит к негативным последствиям, самым серьезным из которых является преждевременный выход из строя дорогостоящего электрооборудования различных типов: силовых трансформаторов, электрических двигателей, конденсаторных батарей и т.д.

Существуют стандарты, такие как IEC61000-3-2 (Международной электротехнической комиссии) [2] и IEEE 519 (Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, ИИЭР (США)) [3], ГОСТ 13109-97 [1] предписывают ограничивать искажение кривых тока и напряжения.

Наиболее удачным техническим решением для компенсации гармонического искажения и коррекции коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения являются активные фильтры (АФ).

Существует ряд алгоритмов управления активными фильтрами, но в условиях, когда не удается разработать точную линейную математическую модель, наиболее эффективным является управление, использующее законы нечеткой логики. Это позволяет обеспечить эффективную компенсацию и снижение нелинейной нагрузки при изменении параметров.

Нечеткий контроллер является перспективным решением при управлении АФ и имеет ряд преимуществ перед другими контроллерами, так как не требуется точная математическая модель и есть возможность работы с неточными вводами и т.д.

Нечеткий контроллер, работа которого описывается нечеткими правилами импликации «Если – то», обрабатывает местные линейные отношения ввода – вывода в самой нелинейной системе – это нечеткая модель Такаги – Сугено (T-S). Основная особенность данной модели состоит в том, что она может выразить динамику каждого нечеткого правила линейной моделью в данный момент времени. Данные свойства используются при создании контроллера для однофазного параллельного АФ, а параллельно распределенная компенсация будет использо-

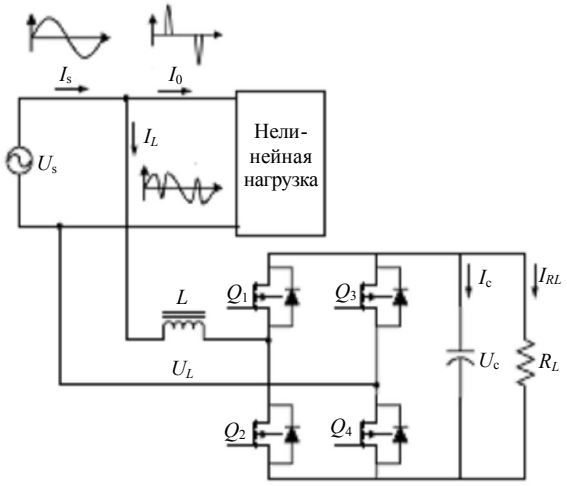


Рис.1. Параллельный АФ в параллельном соединении с нелинейной нагрузкой

ваться, чтобы осуществить непосредственно само нечеткое управление.

В силовом каскаде активного фильтра используется структура полного моста для передачи двунаправленного потока мощности с накопительного конденсатора.

На рис.1 показана схема подключения активного фильтра параллельно нелинейной нагрузке для устранения гармонических составляющих в сетевом токе i_S. Активный фильтр генерирует компенсирующий ток i_L для ввода в систему так, чтобы приблизить сетевой ток к синусоидальному виду, синфазному с линейным напряжением. Поэтому токи системы АФ могут быть выражены как: $i_S = i_0 + i_L$, где i_0 – нелинейный поток нагрузки.

В данном случае мы будем использовать методику управления гистерезисом непосредственно в самом цикле управления, так как контроллер гистерезиса устойчив и способен на быстрое динамическое реагирование.

Основой для проведения операции нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «Если – то» и функции принадлежности для соответствующих лингвистических термов. Составляется данная база правил по результатам анализа работы сети и компенсируемой нелинейной нагрузки. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- существует хотя бы одно правило для каждого лингвистического терма выходной переменной;
- для любого терма входной переменной имеется хотя бы одно правило, в котором этот терм используется в качестве предпосылки (левая часть правила).

В противном случае имеет место неполная база нечетких правил.

Пусть в базе правил имеется m правил вида:

R_1: ЕСЛИ x_1 это A_{11} … И … x_n это A_{1n}, ТО y это B_1;

R_i: ЕСЛИ x_1 это A_{i1} … И … x_n это A_{in}, ТО y это B_i;

R_m: ЕСЛИ x_1 это A_{i1} … И … x_n это A_{mn}, ТО y это B_m,

где x_k, $k = 1…n$ – входные переменные; y – выходная переменная; A_{ik} – заданные нечеткие множества с функциями принадлежности.

Результатом нечеткого вывода является четкое значение переменной y^* на основе заданных четких значений x_k, $k = 1..n$.

В общем случае механизм логического вывода включает три этапа: введение нечеткости (фазификация), нечеткий вывод и приведение к четкости или дефазификация (рис.2).

Алгоритмы нечеткого управления различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефазификации.

На основании разработанной базы правил для алгоритма управления, активный фильтр позволяет повысить уровень качества электрической энергии и привести его в соответствие с нормами [1] в части коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения.

Рис.3-7 демонстрируют результаты работы предложенного нечетко управляемого активного фильтра по компенсации нелинейной нагрузки.

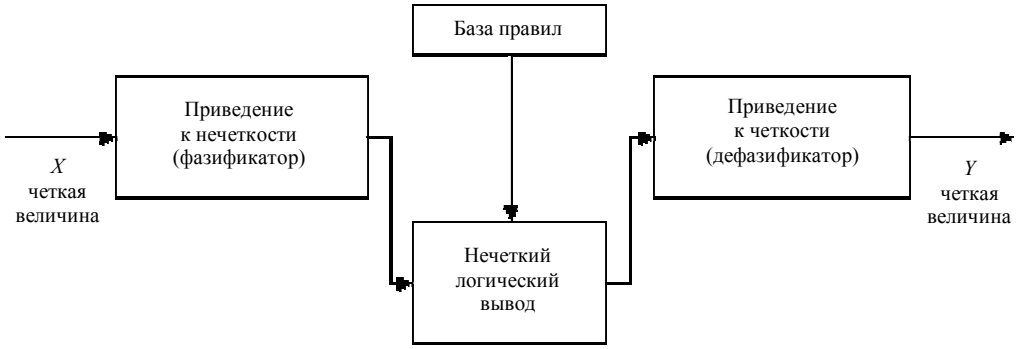


Рис.2. Механизм нечеткого вывода

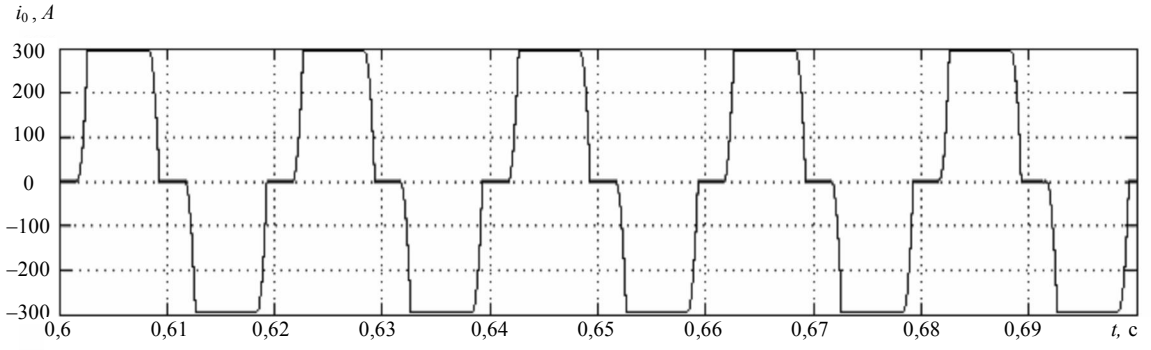


Рис.3. Искаженный ток, потребляемый нелинейной нагрузкой

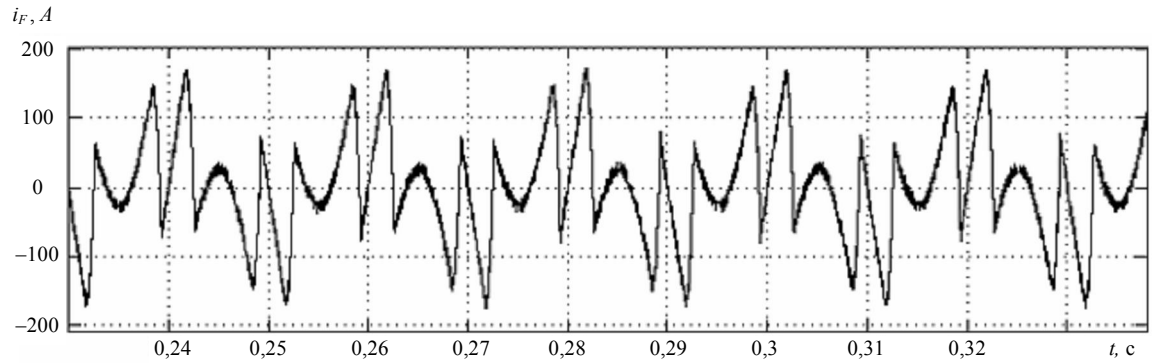


Рис.4. Ток, генерируемый активным фильтром

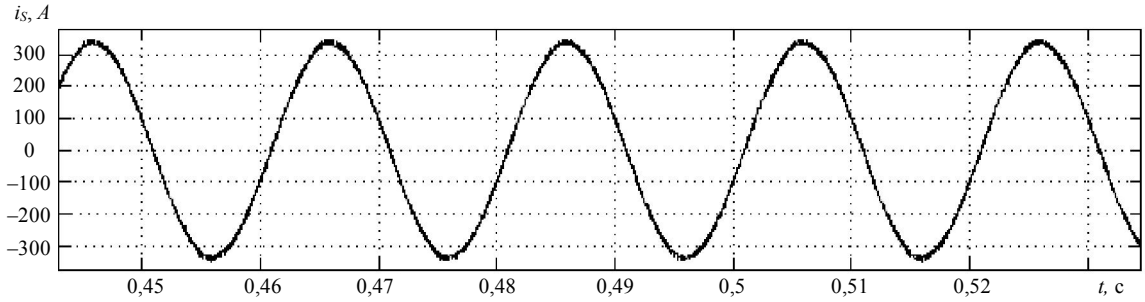


Рис.5. Суммарный ток сети после компенсации

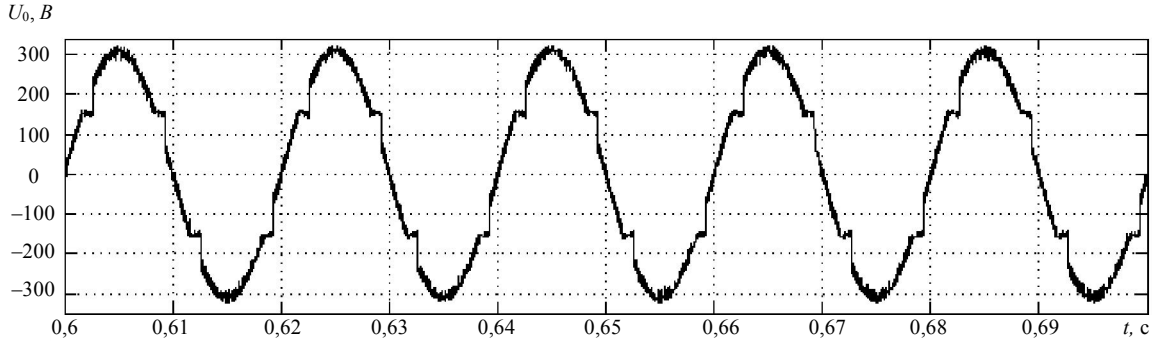


Рис.6. Искаженное напряжение сети

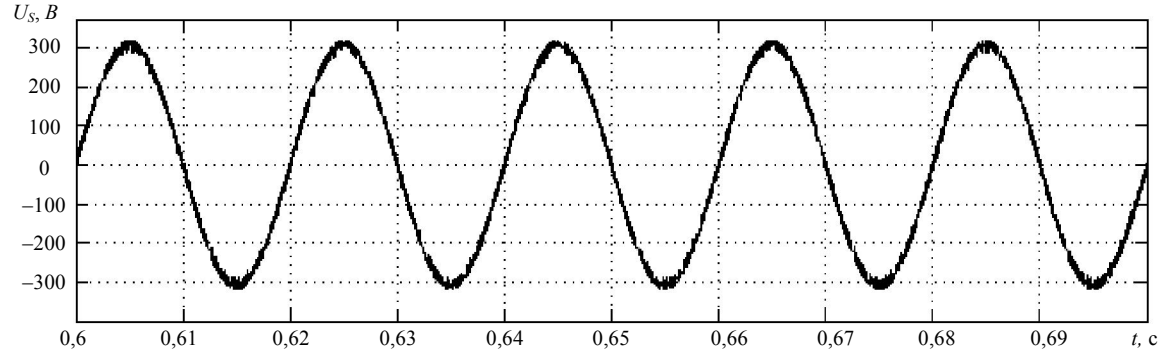


Рис.7. Напряжение сети после компенсации

Результатом испытаний активного фильтра на математической модели с алгоритмом управления на основе теорий нечеткой логики, является снижение коэффициента искажения синусоидальности тока с 25 до 10 % и коэффициента искажения синусоидальности напряжения с 11 до 5,5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 1999.

2. CEI/IEC, IEC 61000-3-2 International Standard, International Electrotechnical Commission, 1998, Geneve, Switzerland..

3. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, IEEE Std. 519-1992, 1993.

Научный руководитель д-р т. н. проф. *Б.Н.Абрамович*