

Статистическая оценка значимости максимумов при числе итераций – 1000

Сравниваемые пары значений ошибок обучения нейросетей	Достоверность различий средних на уровне $p < 0,05$
Для 2 нейронов и 3 нейронов	Значимо по трем критериям
Для 4 нейронов и 5 нейронов	Значимо по двум критериям
Для 6 нейронов и 7 нейронов	Значимо по одному критерию
Для 9 нейронов и 10 нейронов	Не значимо

Полученные кривые зависимости параметров обучения и прогноза нейронной сети от числа нейронов характеризуются значительной немонотонностью. Природа наблюдаемого эффекта заложена в самом вычислительном механизме нейронной сети и предположительно отражает чувствительность нейронной сети к начальным условиям. Выявленный эффект влияния количества нейронов на обучаемость нейронной сети может иметь важное практическое и теоретическое значение.

Проведена проверка на наличие эффекта переобучения нейронной сети на каждом этапе эксперимента путем включения в тестовую выборку значений синуса с отличным шагом и некратными значениями по сравнению со значениями обучающей выборки: переобучения нейронной сети не выявлено.

* Авторы благодарят сотрудников Института биофизики СО РАН Барцева С. И. и Щемеля А. Л. за любезное предоставление нейронной сети и ценный

вклад при обсуждении результатов, а также профессора СФУ Миркеса Е. М.

Библиографические ссылки

1. Барцев С. И., Охонин В. А. Адаптивные сети обработки информации // Препринт ИФ СО АН СССР, Красноярск, 1986. № 59Б.
2. Горбань А. Н. Обучение нейронных сетей. М. : ParaGraph, 1990. (English Translation: AMSE Transaction, Scientific Siberian, A. 1993. Vol. 6. Neurocomputing. P. 1–134)
3. Носков М. В., Симонов К. В., Щемель А. Л. Нелинейная многопараметрическая регрессия данных наблюдений // Вопросы математического анализа. Красноярск : ИЦП КГТУ, 2003. Вып. 7. С. 103–120.

© Лоренц В. А., Гавриков В. Л.,
Хлебопрос Р. Г., 2013

УДК 621.311.65

МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ТЯГОВЫХ СЕТЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А. А. Минина¹, В. И. Пантелеев¹, Е. В. Платонова²

¹Сибирский федеральный университет

Россия, 660074, Красноярск, ул. Киренского, 26. E-mail: pvi0808@gambler.ru

²Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета

Россия, 655017, Абакан, Щетинкина, 27. E-mail: eplatonova@yandex.ru

Показана программа расчета нормальных и резонансных режимов с методикой расчета сети с нелинейной нагрузкой на примере тяговой подстанции, позволяющая на основе анализа частотной характеристики входного сопротивления $Z_{ex} = f(\nu)$ определять спектры токов и напряжений в элементах сети, а также оценивать уровни активных потерь и перегрузки компенсирующих устройств токами высших гармоник.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, резонанс, входное сопротивление сети, компенсирующее устройство, гармоники.

METHOD OF SELECTION OF PARAMETERS REACTIVE POWER COMPENSATION IN TRACTION AC NETWORKS

A. A. Minina¹, V. I. Panteleev¹, E. V. Platonova²

¹Siberian Federal University

26 Kirenskiy street, Krasnoyarsk, 660074, Russia. E-mail: pvi0808@rambler.ru

²Khakas Technical Institute – branch of the Siberian Federal University

27 Shchetinkin street, Abakan, 655017, Russia. E-mail: eplatonova@yandex.ru

The authors show a program for calculation of normal and resonant modes with a procedure of calculation of a network with nonlinear load on the example of traction substation, which allows, on the basis of the analysis

of frequency characteristics of the input resistance $Z_{\text{ex}} = f(v)$, to appreciate the range of currents and voltages in the network elements, and to assess the levels of active losses and overloads of compensating devices with currents of higher harmonics.

Keywords: reactive power compensation, resonance, input impedance network, compensating device, harmonics.

Компенсация реактивной мощности на тяговых подстанциях переменного тока в настоящее время выполняется с использованием конденсаторных батарей (КБ), что позволяет увеличить пропускную способность трансзита за счет нормализации напряжения в сетях, увеличить надежность энергоснабжения потребителей в моменты максимальных нагрузок, решить вопрос энергосбережения. Одним из недостатков применения КБ при компенсации реактивной мощности является вероятность возникновения резонансных явлений в сетях 27,5 кВ и 35 кВ тяговых подстанций. Резонансный контур образуется путем параллельного или последовательного соединения емкостных элементов КБ с индуктивными элементами (трансформаторы, питающие линии и т. д.). На резонансной частоте индуктивное сопротивление $X_{L(n)}$ и емкостное сопротивление $X_{C(n)}$ равны, т. е. $n\omega L = 1/(n\omega C)$, где $X_{L(n)} = n\omega L$ – входное сопротивление сети в точке подключения КБ, сопротивление которой $X_{C(n)} = 1/(n\omega C)$.

Частотная характеристика эквивалентного входного сопротивления $Z_{\text{вх}}$ резонансного контура относительно шин 27,5 кВ имеет полюса на частотах, определяемых соотношением величин емкостного и индуктивного сопротивлений контура. Наличие в сети токов высших гармоник, генерируемых преобразовательной нагрузкой, обуславливает резонансные усиления напряжения на частотах, соответствующих полюсам частотной характеристики, что в свою очередь способствует растеканию по элементам внешней сети токов высших гармоник, существенно превышающих их предельно допустимые (согласно ГОСТ 13109–97) значения. Таким образом, резонансные явления приводят к преждевременному выходу из строя самих КБ, создают дополнительные потери мощности в сети от протекания токов высших гармоник, существенно ухудшают качество напряжения по критерию несинусоидальности и создают проблемы электромагнитной совместимости для потребителей районных электрических сетей напряжением 35 или 10(6) кВ, а также для нетяговых потребителей, подключенных напрямую к контактной сети (фидеры ДПР и СЦБ).

В ходе исследования резонансных явлений для ряда тяговых подстанций Абаканской дистанции электроснабжения Красноярской железной дороги были произведены измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в сетях напряжением 110 кВ (220 кВ), а также на стороне вторичных напряжений подстанций (27,5 кВ и 35 кВ), где тяговая сеть была выполнена традиционно. Одна из вторичных обмоток силового трансформатора питает тяговую нагрузку 27,5 кВ, а вторая – напряжением 35(10) кВ – питает районную сеть. В результате исследований были выявлены резонансные явления.

Это говорит о том, что на этапе проектирования подстанций из-за несовершенства методик расчета несинусоидальных режимов, применяемых при выборе параметров компенсирующих устройств (КУ), была неверно оценена требуемая мощность КБ, ее сопротивление и место подключения.

В данной работе предлагается альтернативная практическая методика по выбору параметров средств компенсации реактивной мощности. Методика заключается в том, что на основе анализа частотной характеристики (ЧХ) входного сопротивления сети $Z_{\text{вх}}$, определяют спектры токов и напряжений в элементах сети, а также оценивают уровни активных потерь и перегрузки КУ токами высших гармоник при выборе КБ и фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) на подстанциях, имеющих нелинейную нагрузку.

Вид ЧХ типа $Z_{\text{вх}} = f(v)$ зависит от узла расчетной схемы и ее параметров. Расчеты ЧХ для сложных разветвленных схем СЭ производятся средствами Mathcad 2000 Professional, а сама методика выбора средств компенсации реактивной мощности включена в разработанную программу расчета нормальных и резонансных режимов в Delphi-7, где на основе ввода паспортных характеристик и результатов замеров ПКЭ тяговой подстанции можно оценивать уровень высших гармоник и суммарные потери от протекания токов всех гармоник в сети (рис. 1).

Программа позволяет выбирать расчетные схемы тяговой подстанции с различными устройствами компенсации реактивной мощности.

Схема с КБ (рис. 2, а), схема с КБ и реактором (рис. 2, б), схема с ФКУ (рис. 2, в).

Предложенную методику проиллюстрируем на примере сравнительного анализа качества напряжения и выбора варианта КУ для одной из тяговых подстанций Красноярской железной дороги.

Однолинейная схема подстанции приведена на рис. 3, а, а ее расчетная схема – на рис. 3, б.

В схему замещения для расчета ЧХ входного сопротивления $Z_{\text{вх}} = f(v)$ включены:

Z_{Cv} – сопротивление питающей системы;

$Z_{ТВv}$, $Z_{ТСv}$, $Z_{ТНv}$ – сопротивления обмоток высокого, среднего и низкого напряжения трансформатора;

Z_{Hv} – сопротивление обобщенной нагрузки на стороне 35 кВ;

$Z_{КБv}$ и Z_{Pv} – сопротивления конденсаторной батареи типа КЭК-1,05-75-2У3 мощностью 3,85 МВА и реактора РБКА-200, установленных в настоящее время на подстанции;

$Z_{ФКУv}$ – эквивалентное сопротивление рекомендуемого нами к установке ФКУ, в состав которого входят фильтры 3, 5, 7, 9-й гармоник, суммарная

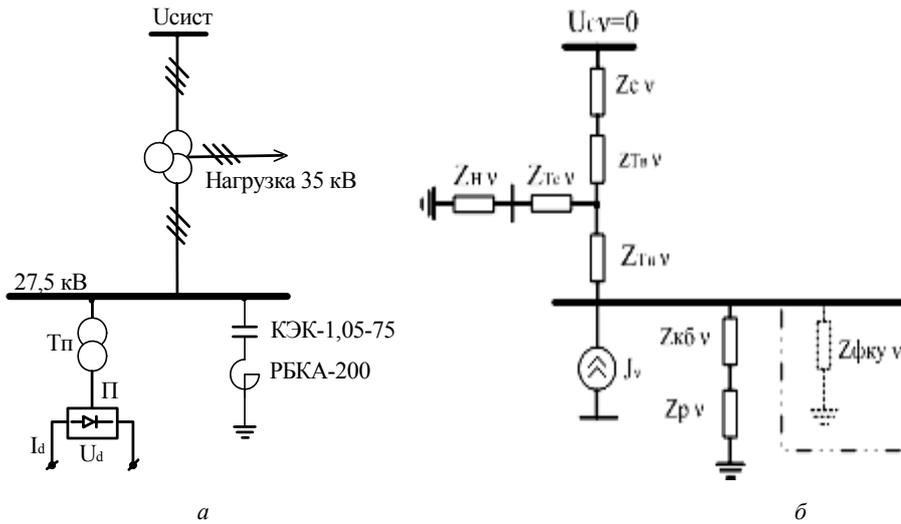


Рис. 3. Однолинейная схема и схема замещения подстанции

На рис. 4 представлены ЧХ входного сопротивления сети рассчитанные по методике в Mathcad 2000 Professional относительно шин 27,5 кВ для случая отсутствия КУ, случая подключения КБ и реактора (действующая схема) и случая подключения ФКУ (рекомендуемая схема).

При отсутствии ФКУ

$$Z_{вхv} = \frac{Z_{1v} \cdot Z_{2v}}{Z_{1v} + Z_{2v}} + Z_{3v},$$

где $Z_{1v} = Z_{cv} + Z_{твv}$; $Z_{2v} = Z_{тсv} + Z_{нv}$;
 $Z_{3v} = Z_{тнv}$.

При подключении КБ

$$Z_{вхv(КБ)} = Z_{4v} \times \frac{(Z_{1v} \cdot Z_{2v} + Z_{3v} \cdot Z_{1v} + Z_{3v} \cdot Z_{2v})}{(Z_{1v} \cdot Z_{2v} + Z_{3v} \cdot Z_{1v} + Z_{3v} \cdot Z_{2v} + Z_{4v} \cdot Z_{1v} + Z_{4v} \cdot Z_{2v})},$$

где $Z_{4v} = Z_{кбv} + Z_{pв}$,

и при подключении ФКУ

$$Z_{вхv(ФКУ)} = Z_{5v} \times \frac{(Z_{1v} \cdot Z_{2v} + Z_{3v} \cdot Z_{1v} + Z_{3v} \cdot Z_{2v})}{(Z_{1v} \cdot Z_{2v} + Z_{3v} \cdot Z_{1v} + Z_{3v} \cdot Z_{2v} + Z_{5v} \cdot Z_{1v} + Z_{5v} \cdot Z_{2v})},$$

где $Z_{5v} = Z_{фкуv}$.

На рис. 5 представлены ЧХ входного сопротивления сети, рассчитанные с помощью программы Delphi-7.

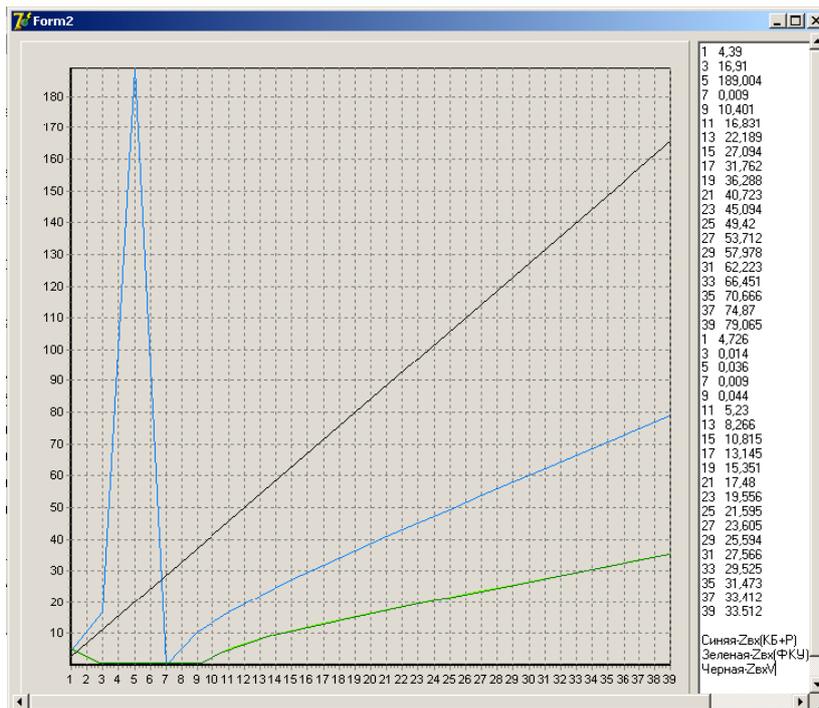


Рис. 5. Частотные характеристики входного сопротивления сети

Частотные характеристики на рис. 4 и 5 с включением на подстанции КБ (действующая схема) свидетельствует о резонансном усилении 5-й гармоники токов и напряжений вследствие появления полюса ЧХ на резонансной частоте.

Очевидно, что с включением КБ в качестве КУ имеет место усиление 3-й гармоники тока в 2,32 раза, 5-й гармоники тока – в 5,93 раза, а потери активной мощности на этих частотах превышают потери на основной частоте в 5,39 и 35,15 раза соответственно.

Суммарные потери от протекания токов всех гармоник в сети возрастают в 44,31 раза и практически равны величине активных потерь на основной частоте.

Рекомендуемое к установке ФКУ, как видно на рис. 4 и 5, позволяет практически полностью исключить протекание в сети токов 3, 5, 7, 9-й гармоник и существенно снизить величины гармоник более высокого порядка. Несмотря на некоторое увеличение гармоник высокого порядка по сравнению с вариантом установки КБ в качестве КУ, суммарные потери активной мощности от протекания токов высших гармоник возрастают только в 3,92 раза и не превышают значений, нормируемых ГОСТ 13109–97, что свидетельствует о существенно более высокой эффективности применения ФКУ в качестве КУ при той же генерируемой реактивной мощности.

Библиографические ссылки

1. Глушаков С. В., Жакин И. А., Хачиров Т. С. Математическое моделирование: Учебный курс. М.: АСТ, 2001.

2. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2000.

3. Иванов В. С. Метод расчета несинусоидальности напряжения и исследование резонансных явлений на высших гармониках в сети внутрезаводского электроснабжения при работе вентельных преобразователей: автореферат. М.: МЭИ, 1978.

4. Маркман Г. З. Энергоэффективность преобразования и транспортировки электрической энергии. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2008.

5. Минина А. А., Платонова Е. В. Исследование несинусоидальности напряжения на тяговых подстанциях переменного тока // Современные техника и технологии: сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 1. Томск: Изд-во Томского политехнич. ун-та, 2010.

6. Минина А. А., Пантелеев В. И. Обеспечение электромагнитной совместимости при компенсации реактивной мощности на тяговых подстанциях переменного тока // Всерос. конкурс науч. работ студентов, магистрантов и аспирантов «Компьютерные технологии и информационные системы в электротехнике»: сб. материалов / отв. за вып. А. А. Северин, М. Н. Третьякова (Тольятти, 29 нояб. 2011 г.). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2011.

© Минина А. А., Пантелеев В. И.,
Платонова Е. В., 2013

УДК 537.612

ТЕОРЕТИКО-ГРУППОВОЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР ТВЕРДОГО РАСТВОРА $Ni_5GeO_4(BO_3)_2$

И. И. Назаренко, С. Н. Софронова

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31. E-mail: ilnz007@live.ru

Проведен симметричный анализ возможных магнитных структур кристалла $Ni_5GeO_4(BO_3)_2$, возникающих в результате фазовых переходов. Получены базисные функции неприводимых представлений, входящих в магнитное представление этой структуры, показывающие вероятные направления магнитных моментов атомов $Ni_5GeO_4(BO_3)_2$. Полученные результаты помогут интерпретации экспериментальных данных при установлении истинной магнитной структуры и механизмов магнитных переходов в исследуемом соединении.

Ключевые слова: магнетизм, теоретико-групповой анализ, людвициты.

GROUP-THEORETICAL ANALYSIS OF $Ni_5GeO_4(BO_3)_2$ POTENTIAL MAGNETIC STRUCTURES

I. I. Nazarenko, S. N. Sofronova

Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev
31 "Krasnoyarskiy rabochiy" prospect, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: ilnz007@live.ru

The work presents a group-theoretical analysis which makes possible to determine $Ni_5GeO_4(BO_3)_2$ crystal potential magnetic structures. The obtained information will help to analyze and interpret experimental data, while determining the true magnetic structure and the mechanisms of magnetic transitions in the compound being tested.

Keywords: magnetism, group-theoretical, ludwigites.