

Рис. 5

Для работы fuzzy-регулятора используются два входных сигнала: отклонение скорости (ошибка) и производная отклонения. Так как fuzzy-регулятор имеет только один входной порт, обозначенные сигналы преобразуются в один векторный при помощи мультиплексора. Для создания fuzzy-регулятора были определены диапазоны его входных величин, а также термы и соответствующие им функции принадлежности.

На рис. 4 представлена модель прецизионного электропривода с ВД в MatLab Simulink, а на рис. 5 – результаты моделирования.

L. P. Kozlova  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

## CONSTRUCTION PRECISION ELECTRIC DRIVE WITH BRUSHLESS MOTOR

*The current state of precision electric drive with brushless motors. For elementary model shows the structure and mathematical model study performed in MatLab Simulink.*

**Valve motor, mathematical model, precision electric**

УДК 621.3.051.025

Э. Р. Маннанов, А. Н. Рукавицын, С. А. Галунин, Т. П. Козулина  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Анализ и оптимальный выбор типа гибкой системы электропередачи переменного тока

*Рассматриваются энергосбережение, повышение энергетической эффективности и оптимизация процедуры выбора типа гибкой системы электропередачи. На базе зарекомендовавших себя устройств разработаны алгоритм и программа для ЭВМ выбора устройств, позволяющих уменьшить трудозатраты проектных организаций, а также организаций, специализирующихся на проведении энергетических обследований.*

**Гибкие системы электропередачи, программа для ЭВМ, Smart Grid**

К основным технологическим направлениям формирования электроэнергетических систем

Из полученных результатов видно что прецизионный электропривод с ВД имеет высокий запасаемый момент, хорошее ускорение при изменяющихся нагрузках, равномерность движения, что, несомненно, является достоинством.

Таким образом, вентильные двигатели обладают целым рядом преимуществ:

- большой перегрузочной способностью по моменту;
- высоким быстродействием,
- возможностью оптимизации режимов работы по скорости и нагрузке;
- наивысшими энергетическими показателями;
- высокой надежностью и повышенным ресурсом работы;
- низким перегревом электродвигателя, при работе в режимах с возможными перегрузками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балковский А. Прецизионный электропривод с вентильным двигателем // Электронные компоненты. 2008. № 11. С. 32–43.

XXI в. можно отнести, прежде всего, повышение управляемости и, в конечном счете, переход к

Таблица 1

Наименование	Обозначение
<i>Устройства компенсации реактивной мощности</i>	
Батареи статических конденсаторов	БСК
Управляемые батареи статических конденсаторов	УБСК
Тиристорно управляемые батареи статических конденсаторов	ТУБСК
Фильтрокомпенсирующее устройство	ФКУ
Управляемое фильтрокомпенсирующее устройство	УФКУ
Синхронный компенсатор	СК
Тиристорно-реакторная группа	ТРГ
Шунтирующий реактор	ШР
Реакторные группы, коммутируемые выключателями	ВРГ
Статический тиристорный компенсатор	СТК
Активный фильтр	АФ
Управляемый шунтирующий реактор с подмагничиванием	УШР
Синхронный статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	СТАТКОМ
Асинхронизированный синхронный компенсатор, в том числе с маховиком	АСК
Синхронный статический продольный компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	ССПК
<i>Устройства регулирования параметров сети</i>	
Неуправляемые устройства продольной компенсации	УПК
Управляемые устройства продольной компенсации	УУПК
Фазосдвигающий трансформатор, управляемый тиристорами / фазоповоротное устройство	ФПУ
Фазовращающийся трансформатор	ФВТ
Вставка постоянного тока на обычном тиристоре	ВПТ
Вставка постоянного тока на основе СТАТКОМов	ВПТН
Асинхронизированный синхронный электромеханический преобразователь частоты	АС ЭМПЧ
<i>Устройства продольно-поперечного регулирования</i>	
Объединенный (параллельно-последовательный) регулятор потоков мощности (на базе двух СТАТКОМов, либо двух АСК, соединенных параллельно-последовательно)	ОРПМ
<i>Устройства ограничения</i>	
Токоограничивающие устройства	ТОУ

автоуправляемости электроэнергетических систем. Новые современные технологии позволяют энергетическим компаниям решать многие проблемы, включая растущую плотность энергопотребления. Условия работы современных электроэнергетических систем характеризуются увеличением плотности передаваемой энергии, и необходимостью компактного исполнения электроэнергетических объектов. В настоящее время, преобразование электроэнергетики базируется на новой технологической основе путем создания активно-адаптивных сетей. Эти сети называются гибкими системами электропередачи. Их применение направлено на повышение энергетической эффективности и на энергосбережение, а также они способны перевести систему в новое стабильное состояние при любых возмущениях в системе, как в нормальных режимах, так и в аварийных.

После проведения энергетического обследования и выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности

на исследуемом объекте наиболее сложным этапом является предварительное определение типа гибкой системы электропередачи, поскольку характеристики и тип устройства должны определяться в ходе выполнения научно-исследовательской работы (НИР).

К гибким системам электропередачи переменного тока первого поколения относят устройства, обеспечивающие регулирование напряжения (реактивной мощности, РМ) и обеспечивающие требуемую степень компенсации РМ в электрических сетях. К новейшим гибким системам электропередачи переменного тока второго поколения относят устройства, обеспечивающие регулирование режимных параметров на базе полностью управляемых приборов силовой электроники (IGBT – транзисторы, IGCT – тиристоры, и др.). Новейшие гибкие системы электропередачи обладают новым качеством регулирования – векторным, когда регулируется не только значение, но и фаза вектора напряжения электрической сети (табл. 1).

Таблица 2

Параметр	Класс напряжения с повышающим трансформатором, кВ	Перегрузочная способность, %	Максимальная мощность	Быстродействие, мс	Регулирование
УФКУ	6...35 [1]	–	Зависит от места присоединения [1]	5...100 [2]	Ступенчатое [1]
ФКУ	6...35 [1]	130	0.45...25 Мвар	5...100 [2]	–
УШР	35...800 [3]–[6]	120 (20 мин)	От 25 Мвар. Не ограничена (возможность параллельной установки) [5], [6]	150...300 [7]	Плавное [8]–[9]
ШР	6...1150 [5], [6]	120	До 110 – однофазные, до 330 – трехфазные, Мвар [5], [6]	До 65 (ВВ) [10]	Ступенчатое [9]
ТРГ	6...35	200	75 Мвар	0.03	Автоматическое
УШРТ	110...500	150	180 Мвар	0.03	Плавное [11]
ВРГ	6...35	120	50 Мвар [12]	0.3	Ступенчатое [9]–[13]
СТАТ КОМ	0.96...38.5	200	Не ограничена (возможность параллельной установки) [14]	0.02	Плавное, векторное [15]
СК	6...16	200–300 (30 с) [16]	160 Мвар	–	Плавное
АФ	0.4...0.96 [14], [17]	300 [17]	Не ограничена (возможность параллельной установки) [14]	<1 [14], [17]	В реальном времени, автоматическое [14], [18]
ТОУ	0.1...220 [16], [19]	–	–	1...5	Управляемые и неуправляемые [16], [19]
ОРМП	38,5	120	1200 Мвар	0.04...20	Векторное [15]
СТК	3.3...765 [20]	Зависит от параметров оборудования	550 Мвар. Не ограничена (возможность параллельной установки) [5], [20]	5...20 [20]	Плавное [9]
АС ЭМПЧ	220 [21]	200	50...200 Мвар	0.4	Адаптивная система [21]
ТУБС К	0.22...1.14 без повышающего трансформатора [22]	Зависит от трансформатора	Не ограничена (возможность параллельной установки)	< 20 [22]	Ступенчатое, плавное регулирование по току [23]
УБСК	0.4...220	Зависит от трансформатора	102 Мвар	До 65 ВВ [10]	Ступенчатое [23]
БСК	0.4...220 [5], [24]	Зависит от трансформатора	102 Мвар [5], [24]	До 65 ВВ [10]	Ступенчатое
ССПК	–	–	1 Мвар [25]	< 20	Плавное [26]
АСК	110...500	200	50...150 Мвар [27]	0.2	Векторное [28], [29]
УУПК	220...500 [30]	Зависит от параметров оборудования	–	< 20	Плавное [29]
УПК	220...750 [31]	Зависит от параметров оборудования	108 Мвар [32]	–	–
ВПТН	38,5	120	120 Мвар	0.03	Векторное [33]

Окончание табл. 2

Параметр	Класс напряжения с повышающим трансформатором, кВ	Перегрузочная способность, %	Максимальная мощность	Быстродействие, мс	Регулирование
ВПТ	20...440 [27]	100	50 Мвар	0.03	Автоматическое [34]
ФПУ	35...800 [35]–[37]	–	0.33...60 Мвар [35]	20...6000 [38]	Ступенчатое [36]
ФВТ	120...220 [39]	–	–	200...1000 [39]	Автоматическое [39]

Таблица 3

Параметр	Ограничение токов КЗ	Ярко выраженные колебания $Q$	Коэффициент искажения синусоидальности	Коэффициент несимметрии $U$ по обратной последовательности	Коэффициент $n$ -й гармонической составляющей $U$	Фликер-эффект	Стабилизация $U$	Объединение систем	Преобразователи вида тока	Регулирование параметров сети
ТОУ	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
БСК	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
УБСК	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
ТУБСК	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–
СК	–	+	+	–	+	–	+	–	–	–
АФ	–	+	+	+	+	+	+	+	–	+
ФКУ	–	–	+	–	+	+	–	–	–	–
УФКУ	–	–	+	–	+	–	+	–	–	–
СТК	–	+	+	+	+	+	+	–	–	+
АСК	–	+	–	–	–	–	+	–	–	–
СТАТКОМ	–	+	–	–	–	+	+	–	–	+
ШР	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
УШР	–	+	–	–	–	–	+	–	–	–
ВРГ	–	+	–	–	–	–	+	–	–	–
ТРГ	–	+	–	–	–	+	+	–	–	–
УПК	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
УУПК	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
ВФТ	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
ВПТ	–	–	–	–	–	–	–	+	+	–
ВПТН	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+
ФПУ	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
ОРПМ	–	–	–	–	–	+	+	+	–	+
ССПК	–	–	–	–	–	+	+	+	–	–
АС ЭМПЧ	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+

Были выполнены анализ и классификация гибких систем электропередачи переменного тока с целью определения критериев выбора с учетом основных параметров объекта и специфики устройств (табл. 2).

Анализ устройств выполнен на базе опыта привлеченных экспертов и опубликованных научных работ [1]–[38].

Для выбора оптимального устройства были сопоставлены решаемые задачи с соответствующей гибкой системой электропередачи переменного тока (табл. 3).

В качестве основных критериев были выбраны:

- 1) тип объекта (потребитель или сетевой);
- 2) ограничение токов короткого замыкания (да или нет);
- 3) ярко выраженные колебания реактивной мощности (есть или нет), за период  $\leq 1$  мин, колебания составляют  $\geq 10\%$  от номинального значения;
- 4) коэффициент искажения синусоидальности напряжения (есть или нет);
- 5) коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей напряжения (есть или нет);

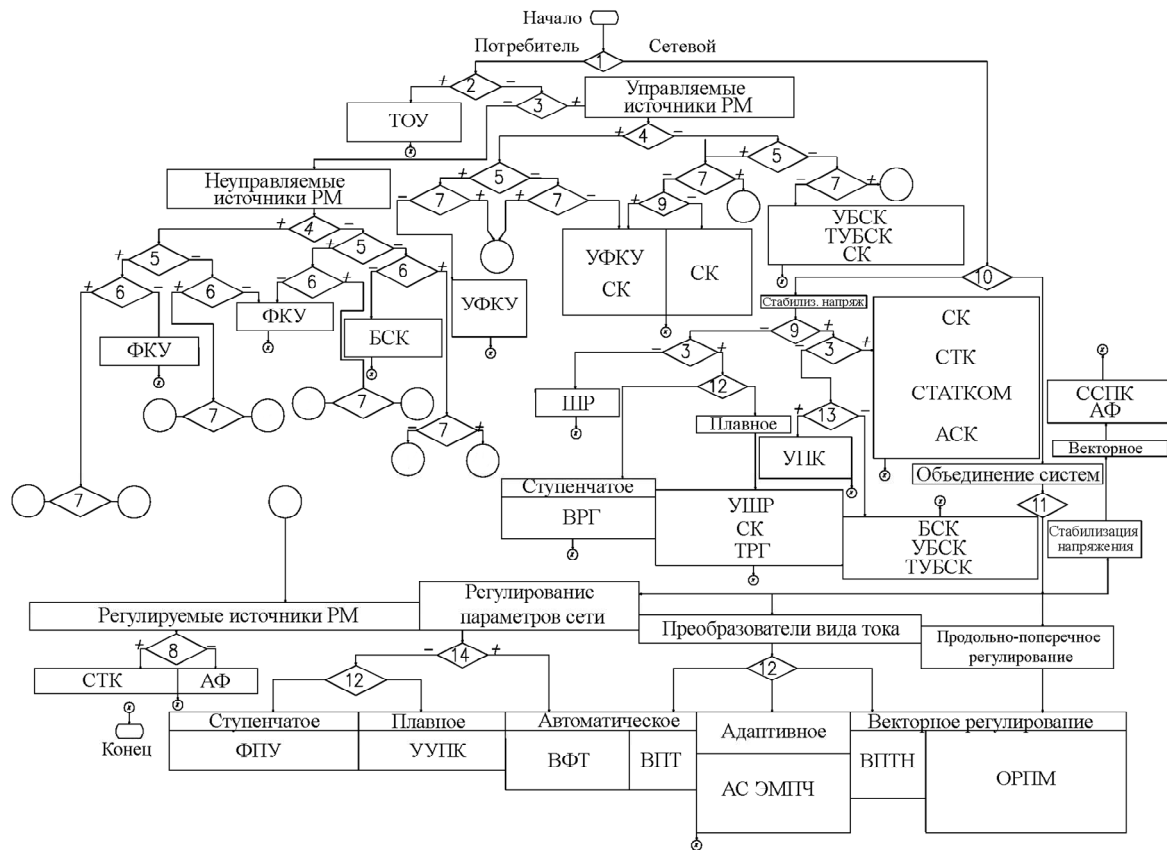


Рис. 1

- 6) коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности (есть или нет);
- 7) фликер-эффект (есть или нет);
- 8) ввести значение реактивной мощности в диапазоне от 0 до 660 000 квар (решение принимается относительно реактивной мощности 20 Мвар);
- 9) знак реактивной мощности в сети (положительный или отрицательный);
- 10) назначение устройства (стабилизация напряжения или объединение систем);
- 11) принцип действия (регулирование параметров сети, преобразователи вида тока, продольно-поперечное регулирование, стабилизация напряжения);
- 12) тип регулирования (ступенчатое, плавное, адаптивная система регулирования, векторное);
- 13) вновь возводимые линии электропередач (да или нет);
- 14) несинхронное объединение систем (да или нет).

На основе выполненного анализа устройств был составлен алгоритм (последовательность предписаний или процедур обработки информации), выполняемый с целью поиска рационального решения (рис. 1). Нумерация перечисленных критериев совпадает с нумерацией, применяемой в алгоритме.

Алгоритм был применен при разработке программы выбора оптимального устройства (для ЭВМ). Программа имеет открытый исходный код, доступный для просмотра, изучения, изменения с возможностью работы на различных операционных системах [39]. Алгоритм может быть реализован практически на любом языке программирования, что делает его привлекательным средством для решения одной из важнейших задач – выбора оптимальной гибкой системы электропередачи переменного тока.

Для работы на ПК необходимо воспользоваться показаниями автоматизированной системы контроля, учета энергоресурсов и данными протокола замеров качества электроэнергии. При вводе исходных данных пользователю следует последовательно отвечать на вопросы и выбирать один из предлагаемых ответов. У пользователя есть возможность корректировать заданные критерии. Каждый тип устройства имеет индивидуальную конфигурацию. Операция выбора выполняется до тех пор, пока не будет получено искомое решение. В зависимости от данных ответов программа может пропустить ряд вопросов, поскольку введенной информации может быть до-

статочны для рекомендации одного или нескольких вариантов решения задачи. Предполагается, что пользователь – специалист в данной области, поскольку далее ему необходимо, опираясь на специфику собственной задачи, принять решение, какое именно устройство использовать из предложенных вариантов.

В статье представлены результаты проведенного авторами анализа многочисленных научных работ, представленных компаниями и научно-исследовательскими институтами в России, на основе которых сформулированы основные критерии выбора устройств. Анализ известных и зарекомендовавших себя устройств позволил разработать алгоритм и программу ЭВМ для выбора оптимальной гибкой системы электропередачи переменного тока.

Результаты работы представляют интерес для широкого круга лиц, включая энергоаудиторов, энергетиков, проектных организаций, специалистов коммунальной сферы, отраслевых министерств и научных учреждений. Выработанные критерии, алгоритм, программа и рекомендации по выбору оптимального устройства могут быть использованы для решения задач по повышению энергетической эффективности при выполнении НИР и в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских и инновационных проектов для аспирантов и молодых научно-педагогических работников СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2015 г., договор № М3.2.3/19.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фильтро-компенсирующие устройства среднего напряжения // Официальный сайт Атомэнерго. URL: <http://atomenergo.com/catalog/filtro-kompensiruyuschee-oborudovanie.pdf> (дата обращения: 15.04.15).
2. Фильтро-компенсирующие устройства – статические тиристорные компенсаторы. Компания ČKD ELEKTROTECHNIKA. URL: [http://www.ckde.cz/kiwi\\_files/CKDE/katalog\\_fkz.ru.web.pdf](http://www.ckde.cz/kiwi_files/CKDE/katalog_fkz.ru.web.pdf) (дата обращения: 28.05.15).
3. Официальный сайт ПАО «Запорожтрансформатор». URL: [http://www.ztr.ua/files/ztr\\_d74-ztr\\_yshr\\_2014.pdf](http://www.ztr.ua/files/ztr_d74-ztr_yshr_2014.pdf) (дата обращения: 11.05.15).
4. Программа. «Создание в единой энергосистеме (ЕЭС) России гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока и устройств регулирования напряжения» // Прил. 5 к разд. 5 приказа № 488 от 19.03.2003. М.: ОАО «РАО ЕЭС», 2003. С. 45–47.
5. Перспективные инновационные направления НИОКР // Официальный сайт ОАО «ФСК ЕЭС». URL: [http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/NIOKR\\_perspekt.pdf](http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/NIOKR_perspekt.pdf) (дата обращения: 10.07.15).
6. Шунтирующие реакторы. Богатый опыт – основа будущего успеха // Официальный сайт ABB. URL: [http://www05.abb.com/global/scot/scot252.nsf/veritydisplay/9d8335be77790d78c1257c0b00227db4/\\$file/Shunt%20reactors\\_Rus.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot252.nsf/veritydisplay/9d8335be77790d78c1257c0b00227db4/$file/Shunt%20reactors_Rus.pdf) (дата обращения: 17.04.15).
7. Долгополов А. Г., Кондратенко Д. В. Управляемые шунтирующие реакторы для электрических сетей // Probleme Energeticii Regionale. 2011. № 3. С. 11.
8. Лысков Ю. И., Хвошинская З. Г. Руководящие указания по выбору средств компенсации реактивной мощности и регулируемых трансформаторов в электрических сетях 110–1150 кВ / Инт «Энергосетьпроект». М., 1997.
9. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью. / ОАО «ФСК ЕЭС». URL: [http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies\\_aas.pdf](http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies_aas.pdf) (дата обращения: 29.06.15).
10. Евдокунин Г. А. Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения. СПб.: Изд-во Сизова М. П., 2006. 37 с.
11. Управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа // Официальный сайт ЗАО «Нидек АСИ ВЭИ». URL: <http://nidec-asi-vei.ru/produksiya/upravlyaemiy-shuntiruyuschiy-reaktor-transformatornogo-tipa/> (дата обращения: 02.06.15).
12. Кучеров Ю. Н. Высоковольтное оборудование XXI века // Энергопрогресс, спецвып. 2004. С. 1–4.
13. Устройства регулирования реактивной мощности на базе современной силовой электроники // Официальный сайт ОАО «НТЦ ФКС ЕЭС». URL: [http://www.ntc-power.ru/innovative\\_projects/reactive\\_power\\_control\\_device\\_based\\_on\\_the\\_modern\\_power\\_electronics/](http://www.ntc-power.ru/innovative_projects/reactive_power_control_device_based_on_the_modern_power_electronics/) (дата обращения: 20.05.15).
14. Официальный сайт Merus Power. URL: [http://www.meruspower.fi/UserFiles/meruspower/File/product\\_s/Merus\\_M\\_series%200609-2012.pdf](http://www.meruspower.fi/UserFiles/meruspower/File/product_s/Merus_M_series%200609-2012.pdf) (дата обращения: 12.05.15).
15. Мазуров М. И., Николаев А. В. Передача постоянного тока на преобразователях напряжения как элемент управления качеством электроэнергии // Официальный сайт Отдела энергетики Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра УРО РАН. URL: [http://energy.komisc.ru/downloads/docs/sbornik\\_2004/1\\_19.pdf](http://energy.komisc.ru/downloads/docs/sbornik_2004/1_19.pdf) (дата обращения: 15.07.15).
16. Активные фильтры гармоник // Официальный сайт Wanlida electric. URL: <http://elecequipment.ru/product-2-4-active-power-filter-en/131193#.UYjAZtgmHfw> (дата обращения: 24.06.15).
17. Официальный сайт Merus Power. URL: [http://www.meruspower.fi/UserFiles/meruspower/File/product\\_s/Merus\\_A\\_series%201608-2012.pdf](http://www.meruspower.fi/UserFiles/meruspower/File/product_s/Merus_A_series%201608-2012.pdf) (дата обращения: 05.06.15).

18. Тиристорные конденсаторные установки. // Официальный сайт Wanlida electric. URL: [http://elecequipment.ru/product-2-3-thyristor-switched-capacitor-banks-en/131192#.VA\\_qPqOfWqZ](http://elecequipment.ru/product-2-3-thyristor-switched-capacitor-banks-en/131192#.VA_qPqOfWqZ) (дата обращения: 22.06.15).
19. Ивакин В. Н., Ковалев В. Д. Применение токоограничивающих устройств в высоковольтных электрических сетях – ЭЛЕКТРО // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2009. № 2. С. 7–13.
20. Чуприков В. С. Компенсация реактивной мощности – ключ к повышению передаточной способности электрических сетей // Энергоэксперт. 2008. № 4. С. 24.
21. Цгоев Р. С. Несинхронная параллельная работа ОЭС Сибири и востока – электро // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2004. № 1. С. 2–5.
22. Синхронные компенсаторы // Официальный сайт Gigavat.com. URL: [http://www.gigavat.com/sinhronnij\\_kompensator\\_1.php](http://www.gigavat.com/sinhronnij_kompensator_1.php) (дата обращения: 21.06.15).
23. Электронная электротехническая библиотека. URL: <http://electrolibrary.narod.ru/9/99.htm> (дата обращения: 14.04.15).
24. Приказ МИНЭНЕРГО России от 31.10.2012г. № 531 «Об утверждении инвестиционной программы ОАО «ФСК ЕЭС» на 2013-2017 годы» // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. URL: <http://minenergo.gov.ru/upload/iblock/1bc/1bc95d44cd149ffca6338749820b3163.pdf> (дата обращения: 11.07.15).
25. Современные технологии повышения качества электроэнергии / Группа «РУСЭЛТ». URL: <http://www.rusel.ru/articles/sovremennye-tehnologii-povysheniya-kachestva-elektroenergii-pri-ee-peredache-i-raspredelenii-avtor/> (дата обращения: 15.07.15).
26. Статический последовательный синхронный компенсатор // Портал магистров ДонНТУ. URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2011/etf/mikulin/library/art10/art10.htm> (дата обращения: 14.06.15).
27. Берковский А. М., Лысков Ю. И. Мощные конденсаторные батареи (шунтовые). М.: Энергия, 1967. 168 с.
28. Асинхронный статический компенсатор. Официальный сайт ОАО «ФСК ЕЭС». URL: [http://www.fsk-ees.ru/innovation/intelligent\\_network/new\\_types\\_of\\_power\\_equipment\\_of\\_substations\\_and\\_overhead\\_power\\_lines/asynchronized\\_static\\_compensators/](http://www.fsk-ees.ru/innovation/intelligent_network/new_types_of_power_equipment_of_substations_and_overhead_power_lines/asynchronized_static_compensators/) (дата обращения: 25.06.15).
29. Стельмаков В. Н. Фазоповоротные устройства с тиристорным управлением // Энергетик. 2010. № 8. С. 20–23.
30. Колобродов Е. Н. Эффективное управление продольной компенсацией – путь к повышению устойчивости электроэнергетической системы. М., 2012. 14 с.
31. Эффективность эксплуатации устройств продольной компенсации (УПК) // Официальный сайт Nokian Capacitors. URL: <http://www.nokiancapacitors.ru/documents/products/systems/RU-CS06-05-2007.pdf> (дата обращения: 19.06.15).
32. Устройство продольной компенсации (УПК) // Информационный бюллетень; Nokian capacitors. 2010. № 1. 16 с.
33. Вставка постоянного тока // Официальный сайт ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС». URL: [http://www.ntc-power.ru/innovative\\_projects/insert\\_dc/](http://www.ntc-power.ru/innovative_projects/insert_dc/) (дата обращения: 14.05.15).
34. Официальный сайт ОАО «ФСК ЕЭС». URL: [http://www.fsk-ees.ru/innovation/intelligent\\_network\\_old/insert\\_asynchronous\\_communication/?sphrase\\_id=307313](http://www.fsk-ees.ru/innovation/intelligent_network_old/insert_asynchronous_communication/?sphrase_id=307313) (дата обращения: 14.05.15).
35. Официальный сайт ПАО «Запорожтрансформатор». URL: <http://www.ztr.ua> (дата обращения: 17.06.15).
36. Шакарян Ю. Г., Алексеев Б. А. Испытания вращающегося трансформатора типа VFT для связи несинхронно работающих энергосистем – ЭЛЕКТРО. // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2005. № 3. С. 7–10.
37. Развитие устройств FACTS // Сайт Ruscable.ru. URL: [http://www.ruscable.ru/article/Razvitie\\_ustrojstv\\_FACTS/](http://www.ruscable.ru/article/Razvitie_ustrojstv_FACTS/) (дата обращения: 24.06.15).
38. Методические подходы к выбору вариантов линий передачи нового поколения на примере ВЛ 220 кВ. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-vyboru-variantov-linij-elektroperedachiv-novogo-pokoleniya-na-primere-vl-220-kv> (дата обращения: 29.06.15).
39. AppFact. GitHub. Веб-сервис для хостинга. URL: <https://github.com/rkvtsn/appFact>.

E. P. Mannanov, A. N. Rukavicyn, S. A. Galunin, T. P. Kozulina  
*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

## ANALYSIS AND OPTIMUM SELECTION THE TYPE OF FLEXIBLE ALTERNATIVE CURRENT TRANSMISSION SYSTEM

*Is dedicated to energy saving, energy efficiency improvement and the selection procedure optimization of the type of flexible transmission system. Algorithm and the computer program for selection of the devices type were developed on the basis of proven devices. It can help for reducing labor costs of project organizations that specialized in carrying out energy audits.*

**Flexible transmission systems, computer program, Smart Grid**