

На заключительном этапе выполняется **математическая обработка массивов значений функций**: строятся графические диаграммы функций, определяются действующие, максимальные, средние по модулю значения. При необходимости определяются гармонические спектры функций. Все эти операции выполняются по классическим формулам математики.

Для сравнения авторами приводится параллельное решение одной и той же задачи двумя методами. Сравнение двух методов наглядно показывает преимущество последнего. К достоинствам дифференциального метода следует отнести следующие:

– сравнительно невысокая трудоемкость метода, так как все расчеты выполняются ЭВМ по встроенным программам MathCAD;

– универсальность метода. Метод пригоден для расчета как линейных, так и нелинейных цепей при любых формах источников энергии (несинусоидальных периодических, импульсных, и т. д.);

– высокая точность вычислений, которая обеспечивается методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

В заключение следует отметить, что применение предлагаемого дифференциального метода расчета электрических цепей в установившемся режиме при действии источников энергии несинусоидальной формы стало возможным благодаря современным достижениям в области компьютерных технологий.

#### Литература

1. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Т. 1. – СПб.: Питер, 2003. – 463 с.
2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Т. 2. – СПб.: Питер, 2003. – 576 с.
3. Кирьянов Д.В. Самоучитель MathCAD 12. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 576 с.

УДК 621.3 (063)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕХФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

*Ткачев А.А., Леонов Д.Ю., Ножникова Н.Н.*  
Научный руководитель – КУЦЫЛО А.В.

Цель работы заключалась в анализе и сравнении трёхфазных счетчиков электрической энергии на основании информации предприятий-изготовителей.

На сегодняшний день используются два типа электросчетчиков – индукционные и электронные. Для потребителя важными являются следующие характеристики счетчика: класс точности, надежность, межповерочный интервал и тарифность.

*Класс точности* – основная метрологическая характеристика электросчетчика. Он указывает на уровень погрешности прибора.

«*Тарифность*» – до недавнего времени все электросчетчики, применяемые в быту, были однотарифными, т. е. осуществляли учет электрической энергии по одному тарифу. Функциональные возможности современных счетчиков позволяют вести учет электроэнергии по зонам суток и даже по временам года. Двухтарифные счетчики дают возможность платить за энергию меньше: в установленное время они автоматически переключаются на ночной тариф, который почти вдвое ниже дневного.

*Надежность и межповерочный интервал* – с течением времени, из-за износа, старения материалов – погрешность электросчетчика неизбежно увеличивается. Наступает момент, когда электросчетчик необходимо повторно проверить на точность его

показаний. Период с момента первичной поверки (обычно с даты выпуска) до следующей поверки называется межповерочным интервалом (МПИ). Исчисляется МПИ в годах и указывается в паспорте электросчетчика. Обычно электронные электросчетчики уступают в длительности МПИ по сравнению с индукционными счетчиками.

В литературных источниках отмечаются следующие преимущества и недостатки электронных счетчиков.

Преимущества:

- высокий класс точности (0,2S, 0,5S);
- сохранение высокого класса точности в условиях низких и быстропеременных нагрузок;
- многотарифность – возможность работы по различным тарифам;
- возможность учета разных видов энергии одним прибором;
- возможность измерений показателей количества и качества электроэнергии и мощности;
- возможность длительного хранения данных учета и доступа к ним;
- возможность фиксации несанкционированного доступа и случаев хищения электроэнергии;
- возможность дистанционного съема показателей по различным цифровым интерфейсам;
- возможность расчета потерь;
- возможность создания современных АСКУЭ (Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии);
- возможность учета одним прибором разных видов энергии в двух направлениях.

Есть и недостатки:

- подвержены влиянию коммутационных и грозовых перенапряжений;
- более высокая цена.

Индукционные счетчики при сравнительно несложной и хорошо отработанной конструкции, что является их достоинством, имеют и недостатки:

- недостаточно высокий класс точности (2,0);
- рост погрешности при снижении нагрузки;
- увеличение погрешности при быстропеременной нагрузке;
- увеличение погрешности при несинусоидальном токе;
- слабая защита от традиционных методов хищения электроэнергии;
- ограниченные возможности дистанционного съема данных;
- повышенное собственное потребление по цепям тока и напряжения;
- необходимость использования в точке учета нескольких счетчиков по видам энергии.

В качестве иллюстрации приведенных выше положений рассмотрим некоторые типичные по своим характеристикам счетчики.

#### **Счетчик электроэнергии трехфазный ЦЭ6803В (рисунок 1).**

Ниже приведены технические характеристики счётчика серии Ц:

Класс точности	1; 2
Номинальное фазное (линейное) напряжение, В	57,7; 100; 127; 220
Номинальный ток, А	1; 5; 10

Это самый популярный трехфазный счетчик электроэнергии 4-го поколения. Выпускается с 1990 г.

#### **Счётчики серии СА4 (рисунок 2).**

Некоторыми достоинствами этих счётчиков являются:

- широкий диапазон токов нагрузки;

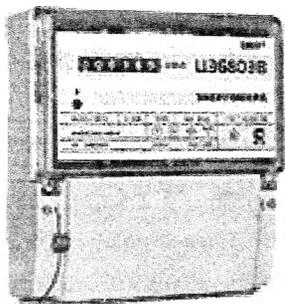


Рис. 1

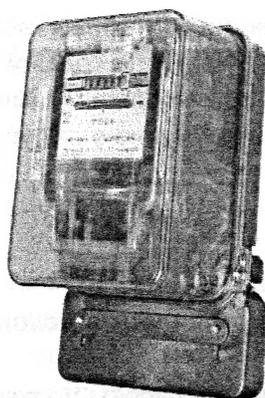


Рис. 2

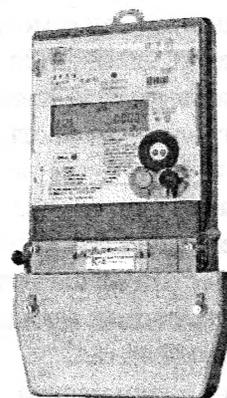


Рис. 3

- погрешность измерения при несимметричной нагрузке не выше 2 %;
- долговечность обеспечивается за счет высокой степени чистоты поверхностей;
- трущихся механических частей подшипника и счетного механизма, а также за счет применения специальных пластических материалов устойчивых к износу;
- электросчетчик изготовлен из материалов, не поддерживающих горение.

Ниже приведены технические характеристики счётчиков серии СА4:

Наименование счетчика	СА4У-510	СА4-514	СА4-518
Класс точности	2,0	2,0	2,0
Номинальное напряжение, В	3х220/380	3х220/380	3х220/380
Номинальный ток, $I_{ном}$ , А	3х5	3х10	3х20 (3х10)
Максимальный ток, А	3х6,25	3х40	3х80
Максимальный ток, % $I_{ном}$	125	400	400 (800)
Межповерочный интервал, лет	8	8	8

### Счётчики СТС5605, СТС5602 (рисунок 3).

Счётчик СТС5602 предназначен для использования в энергосистемах и на промышленных предприятиях, с учетом измерения потоков энергии и мощности на межсистемных перетоках с точностью по классам 0,2S и 0,5S,

Счётчик СТС5605 используется в энергосистемах, на промышленных предприятиях, а также у непромышленных потребителей для измерений с точностью по классам 0,5S и 1.

Ниже приведены технические характеристики счётчиков серии СТС560:

Класс точности по активной энергии	0,2S; 0,5S; 1,0
Класс точности по реактивной энергии	0,5; 1,0; 2,0
Номинальное напряжение, В	3х220/380; 3х57,7/100; 3х100; 3х58/100...240/415; 3х100...
Базовый ток счётчика, А	1; 5; 10
Максимальный ток счётчика, А	6; 10; 60; 100
Количество тарифов	до 8
Межповерочный интервал, лет	10

Некоторые достоинства:

- входные измерительные цепи счетчика закрыты сплошным ферромагнитным экраном с целью исключения влияния электромагнитных полей на точность измерения;
- сертифицирована функция измерения и отображения на дисплее величин тока, напряжения, коэффициента мощности, энергии в каждой фазе с погрешностью не хуже 0,5 %;

– реализована возможность формирования в памяти счетчика готовых таблиц данных с помощью прилагаемого программного обеспечения для считывания одной простой командой запроса большого массива измеряемых величин;

– в счетчиках реализован и сертифицирован учет удельных потерь в линии.

Изучив материалы предприятий-изготовителей технические характеристики счетчиков, мы собрали и упорядочили информацию по трёхфазным счётчикам для её дальнейшего использования при курсовом и дипломном проектировании.

Эти материалы будут представлены на сайте кафедры «Электротехника и электроника» <http://electronics.bntu.edu.by/>.

УДК 621.311

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Пашкович Н.П.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **МОЖАР В.И.**

Беларусь в малой степени располагает собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР). Лишь 15 % собственных ТЭР покрывают потребности страны, остальные 85 % импортируются – в основном из России. В последние годы наблюдается постоянный рост цен на топливо и импортируемую электроэнергию. Этот рост будет иметь место и далее до достижения мировых цен. В связи с этим для Беларуси чрезвычайно важно включать в топливно-энергетический баланс вторичные энергоресурсы и возобновляемые источники энергии, одним из которых является ветер.

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование:

- ветроэнергетическими ресурсами;
- ветроэнергетическим оборудованием;
- развитой ветротехнической инфраструктурой.

Для ветроэнергетики Беларуси энергетический ресурс ветра практически неограничен. В стране имеется развитая централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому размещение ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС) обуславливается только грамотным размещением ветроэнергетической техники на пригодных для этого площадях.

Возможности приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничены вследствие отсутствия достаточного выбора именно того оборудования для ВЭУ и ВЭС, которое соответствует климатическим условиям Беларуси.

Отсутствие инфраструктуры по проектированию, внедрению и эксплуатации ветротехники и, соответственно, практического опыта и квалифицированных кадров можно преодолеть только в ходе активного сотрудничества с представителями развитой ветроэнергетической инфраструктуры зарубежья.

Ветроэнергетика является бурно развивающейся отраслью, Темпы увеличения суммарной мощности ВЭУ и ВЭС в мире имеют тенденцию к быстрому росту. Так в конце 2007 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 94,1 ГВт, увеличившись в 5 раз по сравнению с 2000 г.

На Европу приходится около 70 % мировых ветровых мощностей, наибольшая часть которых расположена в Германии, Испании и Дании. В зависимости от ветровых потоков ветроэнергетические мощности имеют следующее базирование: