

А.А. Галков, Е.Р. Голдобина

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

АНАЛИЗ РЫНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается рынок производителей датчиков напряжения, преимущественно номиналом выше 1000 В. Приводятся аргументы в пользу применения датчиков напряжения в современных системах электроснабжения. Одним из таких аргументов является всё более распространённое применение «цифровых подстанций».

Проводится краткое описание датчиков, основные принципы на которых основывается их работа, а также различие между датчиками тока и датчиками напряжения. Работа обоих датчиков основывается на эффекте Холла, но имеет конструктивные различия.

В главной части статьи идёт перечисление основных производителей и их датчиков рассчитанных на наибольшее напряжение. Создана сводная таблица, включающая в себя: производителя, страну, номинал напряжения, класс точности, стоимость, а также основные преимущества датчика.

Анализ рынка показал, что отечественные производители предлагают конкурентоспособные решения по приемлемой цене, однако зарубежный рынок представлен компаниями, которые уже длительное время занимаются выпуском продукции в области энергетики и зарекомендовавшей себя высоким качеством.

Ключевые слова: уровень напряжения, качество электроэнергии, система электроснабжения, электроэнергия, датчики.

А.А. Galkov, E.R. Goldobina

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

MARKET ANALYSIS OF VOLTAGE SENSORS MANUFACTURERS

Abstract. The article examines the market of voltage sensor manufacturers; mainly with a rating of over 1000 V. Arguments are given in favor of using voltage sensors in modern power supply systems. One of these arguments is the increasingly widespread use of "digital substations".

A brief description of the sensors, the basic principles on which their operation is based, as well as the difference between current sensors and voltage sensors is given. The operation of both sensors is based on the Hall effect, but has design differences.

The main of the article lists the main manufacturers and their sensors designed for the highest voltage. A summary table has been created, including: manufacturer, country, voltage rating, accuracy class, cost, as well as the main advantages of the sensor.

Market analysis has shown that domestic manufacturers offer competitive solutions at an affordable price, but the foreign market is represented by companies that have been manufacturing products in the energy sector for a long time and have proven themselves to be of high quality.

Keywords. voltage level, power quality, power supply system, electricity, sensor.

О необходимости применения датчиков в современных системах электроснабжения

В современной электроэнергетике высокое значение придаётся качеству электроэнергии. Только основных показателей качества насчитывается порядка одиннадцати, а соответствующие ГОСТы и стандарты, описывающие их, занимают значительное количество страниц и формул. Практически все из приведённых качеств, так или иначе связаны с напряжением [1].

Связано это с тем, что именно стабильный уровень напряжения, требуемой частоты, без скачков и иных отклонений является залогом долгой и бесперебойной работы различных электрических потребителей. Те или иные ухудшения показателей качества напряжения могут привести к дополнительному износу потребителей, а в некоторых случаях к их мгновенному выходу из строя. Наиболее чувствительная к качеству электроэнергии является электроника.

В настоящее время существует большое количество различных способов контроля и поддержания требуемого качества напряжения, начиная от мощных РПН установленных непосредственно на силовых трансформаторах, и заканчивая стабилизаторами напряжения. Однако для успешной работы этих устройств требуется контроль за текущим значением напряжения. Именно для этой цели предназначены датчики напряжения [2-4].

Также актуально применение датчиков (не только напряжения) в современных, так называемых «цифровых» подстанциях. Это новое поколение подстанций, в которых максимально применяются цифровые технологии, их работа автоматизирована и ведётся мониторинг устройств в режиме реального времени [5,6].

Производство датчиков напряжения распространено не так сильно, в сравнении с датчиками тока. Это связано с конструктивными особенностями. В данной статье даётся обзор на существующие фирмы, производящие датчики контроля напряжения. Проводится аналитика стоимости, качества и других показателей. Анализируется отечественный рынок производителей, его возможности по производству датчиков напряжения с целью проведения «цифровизации» электроэнергетики.

Краткое описание датчика напряжения

Основной принцип работы датчика напряжения подобен датчику тока и основан на эффекте Холла. Отличительной особенностью является то, что в первичной цепи включён резистор, и при протекании тока по входным контактам датчика - ток резистора преобразуется во вторичный ток который пропорционален напряжению приложенному ко входным контактам. Наглядное сравнение датчика напряжения и датчика тока приведено на рисунке 1.

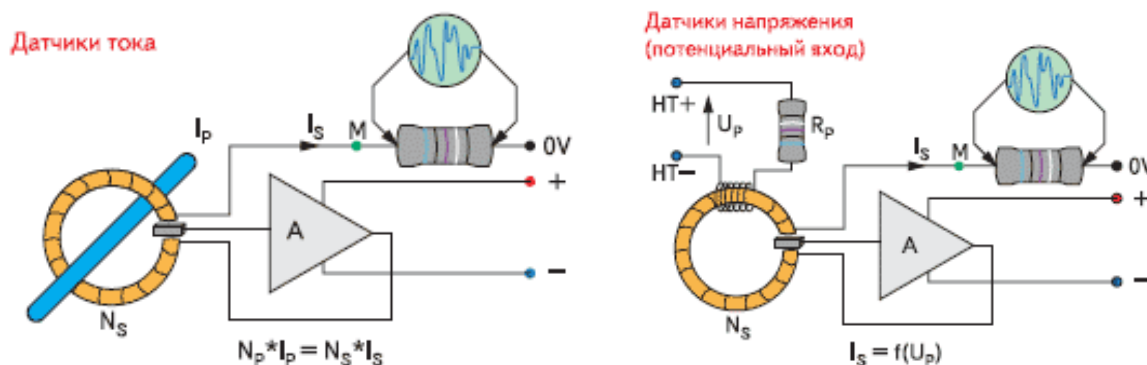


Рисунок 1 – Принцип работы датчика тока и датчика напряжения

Современные датчики выполняются полностью на электронных компонентах. Такое исполнение не требует применения магнитопровода, и остаётся только печатная плата с электроникой. Структурная схема приведена на рисунке 2.

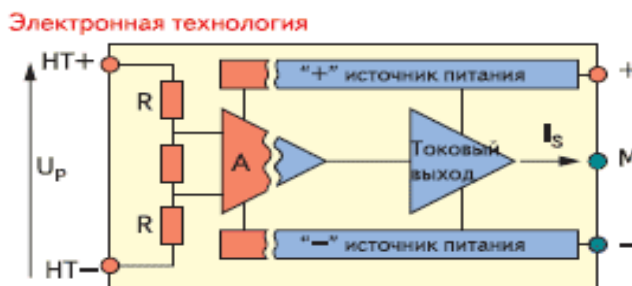


Рисунок 2 – Структурная схема датчика напряжения

Измеряемое напряжение прикладывается к первичным контактам и с помощью делителя, а далее специального усилителя с гальванической развязкой преобразуется во вторичный ток [7-8].

Анализ рынка производителей

Существует большое количество различных производителей, и ещё большее количество вариаций исполнения датчиков. В данной статье проведён анализ существующего рынка основных производителей датчиков напряжения. Рассматривались датчики максимально возможных значений напряжения выпускаемые производителями. Датчики напряжения малого вольтажа не рассматривались. Также стоит отметить, что ввиду особенностей конструкции, в основном, датчики напряжения не применяются на величины выше 10 кВ.

Первым крупным производителем является шведско-швейцарская АВВ (аббревиатура Asea Brown Boveri). Данная компания уже давно является одной из лидеров по производству электротехнического и энергетического оборудования, среди которого также есть измерительные приборы [9].

Вторая компания - LEM S.A. В отличие от АВВ, LEM непосредственно специализируется на производстве различных датчиков. Компания успела себя хорошо зарекомендовать. Штаб квартира также находится в Швейцарии [10].

Далее идут несколько отечественных производителей: АО «НИИЭМ», Элэромаш, и НПО «Горизонт плюс». Акционерное общество «НИИЭМ» является организацией космической промышленности. Данная компания занимается разработкой и производством продукции в области космической техники, традиционной электротехники, различных систем управления, а также медицинского оборудования [11-13].

АО «Элэромаш» - это научно-производственная компания занимающаяся разработкой, выпуском печатных плат, компонентов силовой аппаратуры, а также изделий радиотехники.

НПО «Горизонт плюс» как и зарубежная LEM S.A специализируется на разработке и производстве электроизмерительных приборов, датчиков.

В Китае производством датчиков напряжения занимаются 3E Sensor Co. Ltd и Cheemi Technology Co. Обе компании специализируется на производстве датчиков, но стоит отметить что Cheemi специализируется на датчиках для железнодорожного транспорта и электротранспорта[14,15].

Для наглядности сведём производителей и производимые ими датчики напряжения в таблицу 1.

Таблица 1

Сводная таблица датчиков напряжения и их производителей

Производитель	Страна производства	Уровень напряжения	Точность	Название датчика	Преимущества	Стоимость	Вид напряжения
АВВ	Швеция, Швейцария	От 50 до 4200 В	1 %	VS3000	Качество продукции, низкий процент брака	Выше 100 т.р	Переменный и постоянный ток
LEM S.A.	Швейцария	от 10 до 6400 В	0,8 %	LV-200	Точность, температурная устойчивость, помехозащищённость	Около 100 т.р	Постоянный ток и переменный
АО «НИИЭМ»	Россия	от 1 до 1000 В	1 %	ДНХ	Высокая точность среди отечественных производителей	30 т.р	Постоянный ток

Продолжение таблицы 1

АО «Электромаш»	Россия	от 0 до 12000 В	2 %	ДН-ЭМ-10	Высокое значение измеряемого напряжения	80-90 т.р.	Переменный
3E Sensor Co. Ltd	Китай	от 0 до 5000 В	1 %	SV3-5000	Соотношение стоимости, величины напряжения и точности	60 т.р.	Переменный и постоянный
НПО «Горизонт плюс»	Россия	от 0 до 6000 В	1,5 %	ПИН-6000	Возможность исполнения с расширенным температурным диапазоном	около 70 т.р.	Переменный
ООО «Электронприбор»	Россия	от 0 до 4500 В	1,5 %	ДНХ-3000-Л	Расширенный температурный диапазон	70 т.р.	Переменный и постоянный
Cheemi Technology Co.	Китай	от 0 до 1000 В	0,5 %	CHV1000	Специализация для ЖД транспорта	65 т.р.	Переменный и постоянный

Вывод

Как мы видим из таблицы среди всех датчиков наибольшее значение напряжения позволяет измерять ДН-ЭМ-10 отечественного производителя «Электромаш», но в связи с завышенным значением напряжения, у данных датчиков снижена точность измерений.

Самую низкую стоимость демонстрирует ДНХ производства АО НИИЭМ, но данные датчики рассчитаны на постоянный ток и не более 1000 В.

Среди крупных Европейских производителей в сфере электроэнергетики производством датчиков занимаются две фирмы - АВВ и Lem S.A. Стоит отметить, что в связи с высоким уровнем развития цифровых подстанций в Европе, данные фирмы уже успели хорошо себя зарекомендовать в сфере производства различных датчиков необходимых для цифровых подстанций.

В Азии производством датчиков активно занимаются Cheemi Technology Co. и 3E Sensor Co. Ltd расположенные в Китае. Высочайшее заявленное значение точности демонстрирует CHV1000 Китайского производства. Однако у данного прибора сравнительно высокая стоимость при низком значении измеряемого напряжения.

Оптимальным отечественным вариантом являются датчики производства НПО «Горизонт плюс». Среди плюсов можно отметить сравнительно высокое значение напряжения, цену, а также возможность производства версии с расширенным температурным диапазоном от - 40 до +70 градусов Цельсия, что позволяет использовать данные датчики в трудных климатических условиях.

Проведённое исследование показывает, что отечественные производители датчиков не отстают от зарубежных, не смотря на то что внедрение цифровых технологий в отечественную энергетику стало происходить сравнительно недавно.

Библиографический список

- ГОСТ 29322 – 2014. Напряжения стандартные. – Взамен ГОСТ 29322 – 92; введ. 2015-10-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 13 с.

2. Рогов, Г. В. Повышение качества электроэнергии в высоковольтных электрических сетях, питающих тяговую нагрузку : специальность 05.14.02 "Электрические станции и электроэнергетические системы" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рогов Григорий Викторович. – Новосибирск, 2013. – 20 с. – EDN ZPBIBJ.
3. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташов, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др. М. : МЭИ, 2006. 319 с.
4. Ананичева, С.С. Качество электроэнергии. Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах: учебное пособие / С.С. Ананичева, А.А. Алексеев, А.Л. Мызин.; 3-е изд., испр. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 93 с.
5. Интеллектуальные терминалы для автоматизации электроснабжения / Л.А. Герман, А.В. Саморуков, Д.В. Ишкин и др. // Локомотив. 2013. № 12 (684). С. 39 – 40
6. Пузина, Е. Ю. Системы мониторинга силовых трансформаторов тяговых подстанций / Е. Ю. Пузина, А. Г. Туйгунова, И. А. Худоногов. – Иркутск : Иркутский государственный университет путей сообщения, 2020. – 184 с. – ISBN 978-5-98710-376-0. – EDN XCMBSL.
7. Авторское свидетельство № 423056 А1 СССР, МПК G01R 19/00. Датчик переменного напряжения : № 1600441/18-10 : заявл. 16.12.1970 : опубл. 05.04.1974 / Ю. А. Куликов, Н. И. Олейник. – EDN PCFDDT.
8. Авторское свидетельство № 949519 А1 СССР, МПК G01R 19/00. Датчик уровня переменного напряжения : № 2905606 : заявл. 07.04.1980 : опубл. 07.08.1982 / М. Ф. Черноус, Ф. Ш. Миргаязов ; заявитель КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ЗАВОД ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ МАШИН (ВУМ). – EDN XMANFP.
9. Датчики тока и напряжения АВВ для промышленности и транспорта // Силовая электроника: URL: <https://power-e.ru/components/avv-entelec/?ysclid=m34hmaq6gq379337141> (дата обращения: 01.11.2024).
10. Experts in current measurement // Current sensor manufacturer // LEM: URL: <https://www.lem.com/en#panel-4> (дата обращения: 01.11.2024).
11. НИИЭМ // Главная: URL: <http://www.niiem.ru/> (дата обращения: 01.11.2024).
12. ЭЛЕКТРОМАШ: URL: <https://elektro-m.com/> (дата обращения: 01.11.2024).
13. НПО "Горизонт плюс"// г.Истра: URL: <https://gorizont-plus.ru/> (дата обращения: 01.11.2024).
14. Лаборатория датчиков тока и напряжения: URL: <https://ldtn.ru/news/nash-partner-3e-sensor-co-ltd> (дата обращения: 01.11.2024).
15. Официальный дистрибьютор продукции CHEEMI Technology: URL: <https://cheemi.ru/catalog/datchiki-toka-preobrazovateli-toka/datchik-napryazheniya-holla> (дата обращения: 01.11.2024).

References

1. GOST 29322 – 2014. Standard voltages. – Replaces GOST 29322 – 92; introduced 2015-10-01. – Moscow: Publishing house of standards, 2015. – 13 p.
2. Rogov, G. V. Improving the quality of electric power in high-voltage electric networks supplying traction load: specialty 05.14.02 "Electric stations and electric power systems": abstract of a dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Rogov Grigory Viktorovich. – Novosibirsk, 2013. – 20 p. – EDN ZPBIBJ.
3. Electric power quality management / I. I. Kartashov, V. N. Tulsy, R. G. Shamonov et al. Moscow: MPEI, 2006. 319 p.

4. Ananicheva, S.S. Electric power quality. Voltage and frequency regulation in power systems: a tutorial / S.S. Ananicheva, A.A. Alekseev, A.L. Myzin.; 3rd ed., corrected. - Ekaterinburg: UrFU, 2012. - 93 p.

5. Intelligent terminals for power supply automation / L.A. German, A.V. Samorukov, D.V. Ishkin et al. // Lokomotiv. 2013. No. 12 (684). P. 39 - 40

6. Puzina, E. Yu. Monitoring systems for power transformers of traction substations / E. Yu. Puzina, A. G. Tuygunova, I. A. Khudonogov. - Irkutsk: Irkutsk State University of Transport, 2020. - 184 p. – ISBN 978-5-98710-376-0. – EDN XCMBSL.

7. Author's certificate No. 423056 A1 USSR, IPC G01R 19/00. Alternating voltage sensor: No. 1600441/18-10: declared 16.12.1970: published 05.04.1974 / Yu. A. Kulikov, N. I. Oleynik. – EDN PCFDDT.

8. Author's certificate No. 949519 A1 USSR, IPC G01R 19/00. Alternating voltage level sensor: No. 2905606: declared 07.04.1980: published 07.08.1982 / M. F. Chernous, F. Sh. Mirgayazov; applicant KIEV ORDER OF THE RED BANNER OF LABOR COMPUTING AND CONTROL MACHINES PLANT (VUM). – EDN XMANFP.

9. ABB Current and Voltage Sensors for Industry and Transport // Power Electronics: URL: <https://power-e.ru/components/avv-entelec/?ysclid=m34hmaq6gq379337141> (accessed: 01.11.2024).

10. Experts in Current Measurement // Current Sensor Manufacturer // LEM: URL: <https://www.lem.com/en#panel-4> (accessed: 01.11.2024).

11. NIIEM //Main: URL: <http://www.niiem.ru/>(accessed: 01.11.2024).

12. ELEKTROMASH: URL: <https://elektro-m.com/>(accessed: 01.11.2024).

13. NPO "Gorizont Plus" // Istra: URL: <https://gorizont-plus.ru/> (date of access: 01.11.2024).

14. Laboratory of current and voltage sensors: URL: <https://ldtn.ru/news/nash-partner-3e-sensor-co-ltd> (date of access: 01.11.2024).

15. Official distributor of CHEEMI Technology products: URL: <https://cheemi.ru/catalog/datchiki-toka-preobrazovateli-toka/datchik-napryazheniya-holla> (date of access: 01.11.2024).

Информация об авторах

Галков Александр Андреевич - аспирант кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г.Иркутск, e-mail: galkov16@gmail.com

Голдобина Екатерина Руслановна – студентка 2-го курса группы МР.1-23-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: goldobina.2005@inbox.ru

Information about the authors

Galkov Aleksandr Andreevich, postgraduate student, Department of Electric Power Engineering of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: galkov16@gmail.com

Goldobina Ekaterina Ruslanovna – 2nd year student, group MR.1-23-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: goldobina.2005@inbox.ru