

EIN NEUER STANDARD FÜR FUNKTIONALITÄT IN DER INDUSTRIELLEN AUTOMATISIERUNG:

Die intelligenten Geräte der BINOM3-Familie



Zusammenfassung: Vorgestellt werden neue Geräte für die industrielle Automatisierung - die Multifunktionsmesszähler der Qualitätskennwerte für Elektroenergie der BINOM3-Familie (aus St. Petersburg/Russland). Es werden die grundlegenden technischen und Betriebsdaten angegeben und die Vorteile der BINOM3 in Bezug auf ihre Funktionalität bei praktischen Anwendungen aufgezeigt.

Schlüsselbegriffe: harmonische Verzerrungen, Zähler, Analysegerät der Qualitätskennwerte für Elektroenergie, Störungsschreiber, Oszillograf elektrischer Prozesse, Controller der Fernwirktechnik.

Einhergehend mit der Entwicklung der Informationstechnologien steigen auch die Anforderungen an die Möglichkeiten bzgl. Überwachbarkeit und Verifizierung der Stromnetz- und Energiesystemzustände. Umfassende Informationen über das Funktionieren einer Elektroanlage ermöglichen es, fehlerfrei Abweichungen von der normalen Arbeitsweise festzustellen und, im Falle des Auftretens von Störprozessen, deren Entstehungsgeschichte minutiös zu ermitteln. Auf Grundlage der erhaltenen Resultate können nachvollziehbare Maßnahmen zur Senkung des Niveaus elektrischer Verluste, zur Erhöhung der Übertragungskapazität und Lebensdauer der Ausrüstungen, sowie zur Verbesserung der Ausfallsicherheit der Elektroversorgung und Vermeidung von Ausnahmesituationen ergriffen werden.

Die Frage der Verbesserung der Überwachbarkeit wurde mit der Entwicklung der Leistungselektronik, die einen besonderen Einfluss auf die Stromqualität hat, besonders aktuell. Verzerrungen hinsichtlich Sinusform und Spannungssymmetrie sind verbreitet. Oberschwingungen und Spannungssymmetrien wirken sich negativ auf die Arbeitsweise der Hauptanlagen der Stromnetze aus und können zu deren Ausfall und Fehlauflösungen von Schutz- und automatischen Einrichtungen führen, sowie zusätzliche Leistungs- und Energieverluste hervorrufen. Auch für den Verbraucher hat dieses Problem ernste Folgen - Stromverbraucher werden beschädigt und technologische Produktionsprozesse gestört. Die Untersuchungsergebnisse der Stromnetze der OAO "FSK EES" bestätigten das hohe Verzerrungsniveau der Netzspannungsqualität und wurden zur Grundlage der Erarbeitung erweiterter Anforderungen an die zu messenden Größen [1].



Durch die wachsenden Anforderungen an Automatisierungssysteme in Kraft- und Umspann-/Unterwerken wird immer fortschrittlichere Technik installiert. Die zu messende, zu verarbeitende und zu speichernde Informationsmenge wird immer größer, ihr Inhalt immer komplexer. Ein Energieobjekt, das mit modernen Messgeräten ausgestattet ist, wird zu einer leistungsstarken Informationsquelle hinsichtlich der elektrischen Prozesse in den Elektroanlagen.

Der Zustand eines Anschlusses einer E-Verteileranlage wird durch über 2.000 Parameter charakterisiert. Dazu gehören Spannung, Strom, Wirk-, Blind- und Scheinleistung, der Leistungskoeffizient für jede Phase und den gesamten Anschluss, Frequenz, Harmonische und Zwischenharmonische (bis 50. Ordnung) von Strom und Spannung für jede Phase, Koeffizienten und Winkel der Phasenverschiebung, Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Harmonischen für jede

Phase und den Anschluss, symmetrische Anteile von Strom, Spannung, Leistung u.a. Die Parameter werden über Intervalle von 10 Perioden berechnet; für die Bewertung von Spannungseinbrüchen, -ausfällen und Überspannungen - über eine Halbperiode der Grundfrequenz. Die Informationsmenge kann für 1 min. an einem Anschluss mehr als 600.000 Ereignisse beinhalten. An einem 110-kV-Umspannwerk mit 100 Anschlüssen wird so binnen 1 min. das kolossale Volumen von über 60.000.000 Ereignissen generiert.

Die Entropie einer solchen Informationsquelle kann, als Maß für die Menge an Binärdaten, die in einer Zeiteinheit generiert werden, die Bandbreite der Datenleitung erheblich überschreiten. Bei einem zentralisierten Systemaufbau kann, wenn also der gesamte Datenstrom zum Server geschickt wird, das Kommunikationsnetz eine zuverlässige Datenübertragung (ohne Verzögerungen und Verluste) möglicherweise nicht mehr gewährleisten. Darüber hinaus wird ein wesentlicher Teil der Messwerte dazu übertragen, um daraus Mittelwerte über lange Intervalle zu bilden, Extrempunkte festzustellen und relevante Ereignissamplings zu erhalten. Aus diesem Grunde ist eine modernere Automatisierungsarchitektur notwendig.

Es wird daher eine verteilte Architektur vorgeschlagen, die sich auf Dezentralisierung, d.h. auf die Verlagerung der Funktionen Datenverarbeitung, -analyse, -speicherung, -nutzung unmittelbar zu ihrer Quelle, also auf der Ebene des elektrischen Anschlusses stützt. Jeder Anschluss wird mit einem Universalgerät ausgestattet, in das folgende Instrumente integriert sind:

1. Ein flexibles System zum Sortieren und Filtern des Datenstroms nach vorgegebenen Kriterien, zur Mittelwertbildung über verschiedene Intervalle, Feststellung von Extremwerten, Analyse und zum Vergleich mit Normwerten.
2. Ein konfigurierbares Archivierungssystem.
3. Genormte Zugangsschnittstellen zu allen Daten.

Die Verlagerung der Funktionen hin zu den Feldgeräten vereinfacht die Automatisierungsarchitektur erheblich und verleiht ihr eine Reihe wesentlicher neuer Eigenschaften:

- Verringert die Anzahl der Geräte am Anschluss auf ein universelles, anstelle eines Satzes spezialisierter, was den Kapitaleinsatz in der Automatisierung senkt und die Wirtschaftlichkeit erhöht.
- Gestattet es, das spezifische Gewicht der Be-

rechnungen, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Stabilität zu erhöhen, sowie maximale Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messungen zu gewährleisten.

- Belastet die Kommunikationsnetze nicht. Das Gerät arbeitet bei Ausfall der Datenleitungen autonom weiter und nimmt nach Wiederherstellung der Verbindung die Übertragung der während der Unterbrechung aufgezeichneten Daten wieder auf. Daten, die die Datenleitung überfüllt haben, können aus dem Archiv des Gerätes wiederhergestellt werden.

- In vielen Fällen entfällt die Notwendigkeit für spezialisierte Erfassungs-/Archivierungs-/Visualisierungsserver und bei der Nutzung von Servern braucht es nicht viel Aufwand, um sie für die Arbeit mit den Geräten zu konfigurieren, was wiederum Einrichtung, Inbetriebnahme und Wartung erheblich vereinfacht und auch standardisiert.

- Gewährleistet den mobilen Zugriff auf die im Gerät gespeicherten Daten; die Daten werden als im Gerät erzeugte, anwendungsbereite Protokolle, Schemata, Grafiken, Tabellen dargestellt.

- Da alle zentralisierten Funktionen verteilt sind und jedes Gerät einen selbstständigen abgeschlossenen Systemknoten darstellt, erlaubt diese Architektur ein einfaches Hinzufügen eines neuen Gerätes bei Erweiterung des elektrischen Teils eines Kraftwerks oder eines Umspann-/Unterwerkes oder beim Bau neuer Objekte; das System wird einfach vergrößert.

Diese Technologie wurde in der neuen Gerätegeneration der Multifunktionsmesszähler der Qualitätskennwerte für Elektroenergie der BINOM3-Familie (CJSC "Algorithm" St. Petersburg) umgesetzt.

DIE BINOM3 - EIN INTELLIGENTES FELDGERÄT MIT DEM FUNKTIONSUMFANG VON AUTOMATISIERTEN STEUERUNGSSYSTEMEN TECHNOLOGISCHER PROZESSE (ASSTP)

Die BINOM3 vereinigt in sich synchron funktionierende Untersysteme, die die Aufgaben von ASSTP auf Anschlussebene lösen. Der Funktionsumfang und die technischen Daten sind derzeit einmalig, sowohl auf dem einheimischen, als auch auf dem Weltmarkt für ähnliche und auf gleichartige Funktionen spezialisierte Geräte. Nachfolgend sind die grundlegenden technischen und Betriebskenndaten eines Gerätes aus der BINOM3-Familie angegeben.

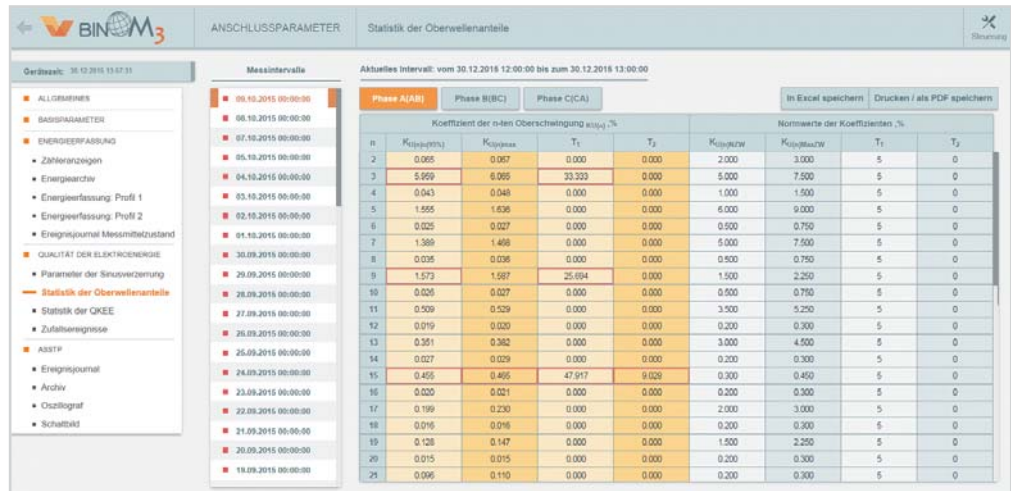
Tabelle 1: Grundlegende technische und Betriebskenndaten eines Gerätes der BINOM3-Familie

MESSWANDLER	FERNWIRKCONTROLLER
<p>Nennstrom – 1 A, 5 A Nennspannung – 220/380 V; 57,7/100 V. Messbereich unter Beibehaltung der Genauigkeit – $2U_N, 2I_N$ Messintervall der Echtheffektivwerte – 200 ms (10 Intervalle der Grundfrequenz 50 Hz, 6.400 Momentanwerte). Vektordiagramm der Ströme, Spannungen, Leistungen. Speicherung im Netzparameterarchiv. Kontrolle auf Überschreitung der Schwellenwerte.</p>	<p>GOST 26.205-88, GOST R IEC 870-3-93, GOST IEC 60870-4-2011, GOST R IEC 60870-5-104-2004, GOST R IEC 60870-5-101-2006. 16 Digitaleingänge der Fernanzeige (FAnz), +24 V. Abfrageintervall der Digitaleingänge – 100 μs Genauigkeit der Anbindung der Abtastwerte der FAnz an die Einheitszeit - 1 μs Einzel- und Doppelmeldungen. 2, 3, 4 Kanäle der Fernsteuerung (FS). Ein- und Zweischritt-Fernsteuerungsbetrieb Schaltfähigkeit - bis zu 5 A in den Netzen 220 V~, 220 V=.</p>
STROMZÄHLER	MESS- UND ANALYSEGERÄT DER QUALITÄTSKENNWERTE FÜR ELEKTROENERGIE
<p>GOST 31818.11, GOST 31819.22, GOST 31819.23. Erfassung in 4 Quadranten mit 16 Kanälen. Erfassung der Energie der Grundfrequenz, der direkten Phasenfolge, der Verlustenergie. Genauigkeitsklasse: • für Wirkenergie 0,2S, • für Blindenergie 0,5. 2 Erfassungsprofile: • kommerzielles, Speicherung: 49 Monate (30 min), • technisches, Speicherung: 99 Tage (3 min). Erfassung pro Tag/Monat, Speicherung 9 Jahre 10 Monate Erfassung in 4 Tarifzonen, summarisch und außer Tarif. Ereignisjournal zum Zustand des Messmittels Formierung der Schablonen 80020, 80030 (XML)</p>	<p>GOST R 8.655, GOST R 51317.4.15, GOST 30804.4.30 (Klasse A), GOST 30804.4.7 (Klasse I), GOST 32144, GOST 33073. Statistische Bearbeitung der Qualitätskennwerte für Elektroenergie (QKEE). Einstellbare Intervalle für die Mittelwertbildung und für die Periode der Analyse. Normwerte der QKEE in der Werkseinstellung. Möglichkeit der Änderung der Normwerte. Angepasste (Referenz-)Spannung, verschieden von der Nennspannung. Erstellt ein Prüfprotokoll der Elektroenergie. Messung der Strom-, Spannungs- und Leistungsharmonischen, Harmonische – bis zur 50. und Zwischenharmonische - bis zur 49. Ordnung. Registrierung von Spannungseinbrüchen, -ausfällen und Überspannungen. Auswahl der Schaltung (Dreileiter-, Vierleiter-)</p>
STÖRUNGSSCHREIBER	INFORMATIONSMULTIPLEXER
<p>Oszillograf: • Aufzeichnungsdauer der Momentanwerte von U und I – 31,25 μs, • Genauigkeit der Anbindung der Abtastwerte an die Einheitszeit – 1 μs, • Länge der Vorgeschichte – 60 s, • Länge der Oszillogramme – 120 s, • Anzahl der Oszillogramme – bis zu 1.000, • Start bei Vorfällen (Ereignissen), • Ablageformat – binär, • Speicherformat auf der Festplatte des Nutzers – COMTRADE. Registrierer: • von Spannungseinbrüchen, -ausfällen, Überspannungen, • des Ansprechens der Abschaltgeräte, der Kontakte der Netzschutzrichtungen und Notfallabschaltautomatiken, • des Überschreitens der Schwellenwerte von Strom, Frequenz, Spannung u.a.</p>	<p>Über 2.300 Parameter, Informationsaustausch über: • Optoport, • RS-232, IEC 101, 460,8 kbit/s, • RS-485/422, IEC 101, NMEA/PPS, 460,8 kbit/s, • RS-485/SYNC, IEC 101, NMEA/PPS, 460,8 kbit/s, • Ethernet, IEC 104, SNTP, 100 Mbit/s. Unterstützt GPRS/3G. Arbeit innerhalb eines digitalen Umspannwerks: • unterstützt IEC 61850 SV (LE), • unterstützt IEC 61850 GOOSE (die Versionen werden für 2016 erwartet) • COSEM/DLMS (Austausch von Daten der Energieerfassung) Einheitszeit: • Synchronisationsgenauigkeit 1 μs, • Anschluss eines GLONASS/GPS- Empfängers.</p>
«BLACKBOX» ELEKTRISCHER PROZESSE	AUTOMATISIERTER ARBEITSPLATZ (AAP) DES ANSCHLUSSES - DATENSERVER UND WEB-VISUALISIERUNG
<p>Archivierung von Änderungen der Fernsignale, der Echtheffektiv- und Mittelwerte. Speicherschreibgeschwindigkeit – bis zu 5.000 Ereignis/s. Anzahl der Archive – bis zu 32, jedes Archiv stellt einen Datensatz aus einer Gruppe von Parametern dar. Gleichzeitige Darstellung von bis zu 50 Grafiken. Überlagerung der Oszillogramme mit Messgrafiken und Fernsignalen. Datenträger - integrierte Speicherkarte, externer Netzspeicher.</p>	<p>Integrierte MicroSD-Speicherkarte, 4 Gb. Abgrenzung der Zugriffsrechte. Speicherung auf 1 GB: • Oszillogramme 41,5 min. • 16.000.000 digitaler und analoger Ereignisse • 125 Jahre/877 Jahre bei einem Analysezeitraum 1 Tag/7 Tage Integrierter Webserver (Arbeit und Konfiguration). Anschlussschaltbild, Vektorgrafik SVG. Histogramme, Tabellen, Grafiken, Oszillogramme. Integrierte Protokolle, Berichte, Druck aus dem Browser heraus. Speicherformat auf der Nutzerplatte - *.xls, *.pdf.</p>

Die Gerätedokumentation ist auf Seite: www.binom3.ru abgelegt. Über www.binom3.com ist der Online-Zugriff auf das Gerät, das im 0,4-kV-Schalt-schrank der Entwicklungsabteilung der CJSC "Algorithm" angeschlossen ist, möglich; Typbezeich-

nung des Gerätes: BINOM337U3.220I3.5S16T2. Nach der Registrierung auf der Seite kann man auf den integrierten Webserver des Gerätes gehen und sich mit seinen Funktionen vertraut machen.

Bild 1. Webserver der BINOM337U3.220I3.5S16T2: Tabelle der Statistik der Oberwellenanteile der Spannung (über einen Zeitraum von 10 Minuten gemittelte Werte, Überwachungszeitraum - 24 Std.).



ERFAHRUNGEN BEI DER PRAKTISCHEN ANWENDUNG

Hierbei werden die Resultate der praktischen Anwendung der BINOM3 betrachtet. Die Anzeigen wurden im direkten Online-Zugriff zu den integrierten Webservern der Geräte (ohne Nutzung externer spezialisierter Informationserfassungs- und -verarbeitungsserver) abgelesen.

Der 0,4-kV-Schalttschrank der Entwicklungsabteilung der CJSC "Algorithm"

Die Verbraucherlast ist hier durch Beleuchtung mit Leuchtstoffröhren, PC-Technik, USV, Laboranlagen und Prüfstände gekennzeichnet. Laut der Seite "Statistik der Oberwellenanteile" des integrierten BINOM3-Webserver ist eine Überschreitung der durch GOST 32144 festgelegten zulässigen Werte für die Spannungsoberswellenanteile 3., 9. und 15. Ordnung zu beobachten. Für die 15. Oberschwingung beträgt die relative Zeit der Überschreitung des normal zulässigen Wertes 47,9% des Überwachungszeitraumes bei einer Norm von 5%, des maximal zulässigen - 9% bei einer Norm von 0% (Bild 1).

Es ist bekannt, dass Abweichungen bei der Qualität der Elektroenergie bzgl. der Spannungsharmonischen

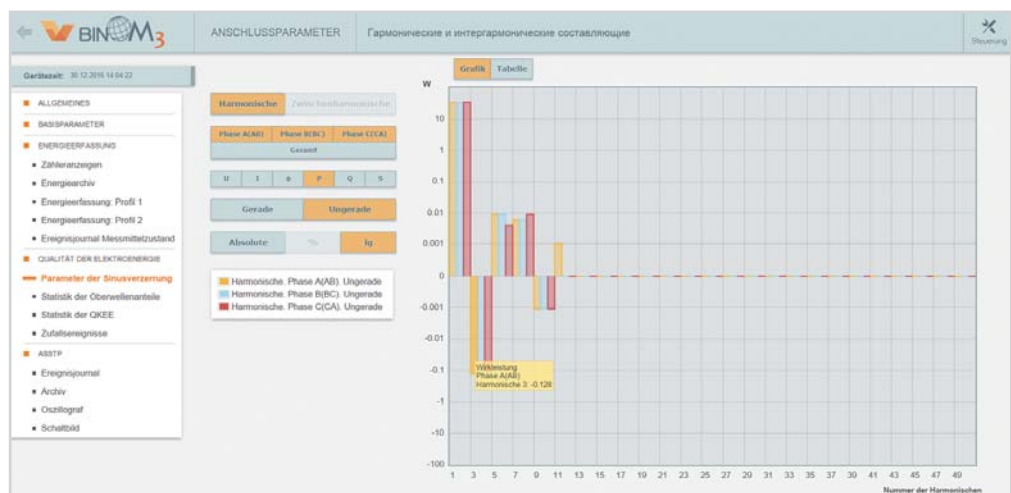
3. Ordnung und ihrer Vielfachen, wie in diesem Falle, zu einer Reihe von negativen Folgen führen.

Erstens, es erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Störungen in den Verbrauchernetzen. Die Wicklung der die Verbrauchernetze speisenden 0,4-kV-Transformatoren wird in Sternschaltung mit geerdetem Neutralleiter geschaltet. Harmonische, die Vielfache der 3. sind, summieren sich im Neutralleiter und können zu dessen Überlastung führen. Das Durchbrennen des Neutralleiters bei unsymmetrischer Spannung ist dann Ursache einer Verschiebung des Neutralpunktes, für Überspannung und Beschädigung von Stromverbrauchern.

Zweitens, höhere Oberschwingungen, verursachen bei ihrem Fluss durch die Netzelemente zusätzliche Verluste an Wirkleistung. Diese Verluste rufen eine Erhöhung der Betriebstemperatur und beschleunigtes Altern der Isolation, vorzeitiges Versagen bzw. Verkürzung der Lebensdauer der Elektroanlagen hervor und senken ihre Durchlassfähigkeit für den Strom der Grundfrequenz.

Über das Vorzeichen der Oberschwingungsleistung kann der Ursprung der Verzerrungen festgestellt werden. Aus dem Histogramm der Seite "Parameter der Sinusverzerrung" der BINOM3 (Bild 2) folgt,

Bild 2. Webserver der BINOM337U3.220I3.5S16T2: Histogramm der Wirkleistung der Harmonischen (Echtheffektivwerte, ungerade Ordnung, Skala - logarithmisch).



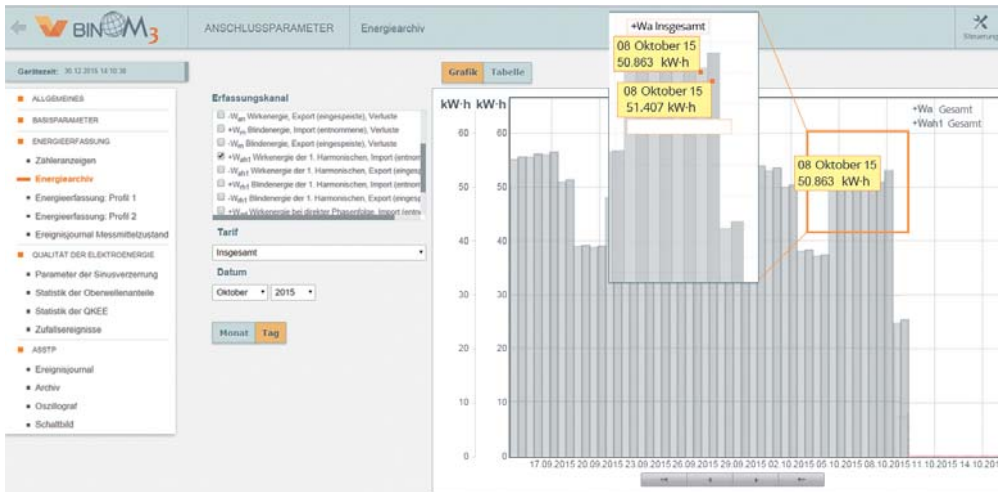


Bild 3. Webserver BIOM337U3.220I3.5S16T2: Histogramm des Tagesenergieverbrauchs (Erfassungskanäle: Wirkenergie der Grundfrequenz, Wirkenergie unter Berücksichtigung der Sinusverzerrung).

dass die Leistung der Grundfrequenz in jeder Phase positiv ist (wird aus dem Netz bezogen), die Leistung der ungeraden Vielfachen der Frequenz von der 3. bis 15. Ordnung hingegen in jeder Phase negativ ist (wird ins Netz zurückgespeist) Gemäß [2] gibt es beim betrachteten Verbraucher Quellen von Stromharmonischen - er hat also eine nichtlineare Last.

Zur nichtlinearen Last gehören die IT- und PC-Technik, Haushaltsgeräte, Lumineszenz- und LED-Beleuchtung, frequenzgesteuerte Antriebe u.a. Ein nichtlinearer Verbraucher generiert beim Anlegen von Spannung der Grundfrequenz Ströme mit der Frequenz von Harmonischen, diese Ströme generieren ihrerseits Spannungsharmonische in der Sammelschiene des Umspannwerkes und eine Leistung der Harmonischen zur Sammelschiene [1].

Drittens, die Leistung der Harmonischen oberhalb der ersten bestimmt die Energie der Verzerrungen. In diesem Beispiel ist die Leistung der Harmonischen negativ, sie wird zurück ins Netz gespeist und verringert den Wert der verbrauchten Energie der Grundfrequenz. Zum Nachweis sind im Histogramm des Tagesverbrauchs auf der Seite "Energiearchiv" der BINOM3 die Energiemenge der Grundfrequenz "+W_{ah1} Gesamt" und die Energiemenge unter Berücksichtigung der Sinusverzerrung "+W_a Gesamt" (Bild 3) gegenübergestellt. Die Differenz zwischen ihnen stellt die Energie der Verzerrungen dar, die wiederum zusätzliche Verluste (unvollständige Erfassung) der Elektroenergie bei der Netzgesellschaft (beim Lieferanten) hervorruft.

Wie gezeigt wurde, führt die BINOM3 eine permanente Kontrolle des Niveaus der Strom- und Spannungsharmonischen, der Phasenverschiebungswinkel und der Leistung der Harmonischen am Anschlussknoten durch und gewährleistet eine statistische Informationsbasis zur Analyse der Entstehungsgründe und der Gesetzmäßig-

keiten der Änderungen der Oberschwingungen. Die Bestimmung der Ursachen für die harmonischen Verzerrungen gestattet es, Maßnahmen zur Verringerung des Sinusverzerrungsniveaus von Strom und Spannung, der Verlustgrößen und zur Erhöhung der effektiven Nutzung der Elektroenergie zu ergreifen.

Eine getrennte Erfassung von Scheinenergie, Energie der Grundfrequenz und Energie der direkten Phasenfolge (getrennt für Wirk- und Blindenergie, für direkte und umgekehrte Richtung) ermöglicht es, die Verzerrungsenergie am Erfassungspunkt bei Unsymmetrien oder Sinusverzerrungen im Stromnetz zu bestimmen und kann somit als ökonomisches Stimulanz für den Lieferanten oder Verbraucher genutzt werden, die Qualität der Elektroenergie zu verbessern [1].

Die Ergebnisse der Kontrolle der Oberwellenanteile der Spannung, weiterer normierter Qualitätskennwerte für Elektroenergie, von Spannungseinbrüchen, -ausfällen und Überspannungen werden in Oszillogrammen und im Prüfprotokoll der Elektroenergie in der durch GOST 33073 empfohlenen Form festgehalten. Protokolle und Berichte werden unmittelbar im Gerät generiert und können per Fernabfrage ohne Fahrt zum Objekt ausgelesen und direkt ausgedruckt werden. Die Statistikergebnisse für die vorangegangenen Zeiträume werden in der integrierten Speicherkarte gespeichert und dem Nutzer bei der Auswahl des interessierenden Überwachungszeitraums angezeigt (auf Bild 1 – Messintervall).

Wichtig wäre noch anzumerken, dass derzeit eine Kontrolle der Stromqualität entsprechend den Forderungen der Fachnormen und der neuen, 2014/15 angenommenen, Standards in automatisierten Steuerungssystemen technologischer Prozesse praktisch nicht erfolgt. Als Pilotprojekte beginnt man Stromqualitätsüberwachungs- und

Bild 4. Webserver der BINOM338U3.220I3.5: Tabelle der Statistik der Oberwellenanteile der Spannung (über einen Zeitraum von 10 Minuten gemittelte Werte, Überwachungszeitraum - 24 Std.).

n	Koeffizient der n-ten Oberschwingung $K_{(n)}$, %			Normwerte der Koeffizienten, %			
	$K_{(n)A}$	$K_{(n)B}$	$K_{(n)C}$	T_1	T_2	$K_{(n)NW}$	$K_{(n)M,NW}$
9	0.129	0.144	0.000	0.000	0.000	1.500	2.250
10	0.102	0.111	0.000	0.000	0.000	0.500	0.750
11	0.923	1.015	0.000	0.000	0.000	3.500	5.250
12	0.207	0.218	5.556	0.000	0.000	0.200	0.300
13	1.010	1.145	0.000	0.000	0.000	3.000	4.500
14	0.438	0.473	81.250	45.139	0.200	0.300	0.450
15	1.276	1.404	81.944	81.250	0.300	0.450	0.675
16	1.285	1.399	81.944	81.944	0.200	0.300	0.450
17	2.257	2.475	24.306	0.000	0.000	2.000	3.000
18	1.005	1.049	100.000	81.944	0.200	0.300	0.450
19	2.014	2.162	30.556	0.000	0.000	1.500	2.250
20	0.781	0.847	81.944	81.944	0.200	0.300	0.450
21	0.455	0.499	80.556	49.306	0.200	0.300	0.450
22	0.303	0.330	53.472	6.250	0.200	0.300	0.450
23	0.316	0.337	0.000	0.000	0.000	1.500	2.250
24	0.067	0.071	0.000	0.000	0.000	0.200	0.300
25	0.181	0.196	0.000	0.000	0.000	1.500	2.250

-steuerungssysteme (SQÜSS) zu errichten. Dabei ist die Theorie der Aufgabe hinreichend kompliziert, sie verlangt spezielles Wissen und die Beherrschung der mathematischen Methoden der statistischen Analyse. Der Aufbau des Systems wird von einer aufwendigen Erprobung und Fehlerbeseitigung begleitet. Hauptvorteile der BINOM3 sind der integrierte automatisierte Arbeitsplatz und die Archivsysteme für den Überwachungspunkt mit für die Arbeit optimal ausgelegten Formular- und Berichtsgeneratoren. Formulare und Berichte sind auf die heutigen Ansprüche abgestimmt.

0,4-kV-Speiseleitung eines städtischen Unternehmens für elektrische Verkehrsmittel

Das Beispiel zeigt, dass die höheren Spannungs- und Stromharmonischen zur Fehlauflösung von Schutzeinrichtungen und Notfallabschaltautomatiken führen und somit die Zuverlässigkeit der Stromversorgung senken können, womit eine störfallnahe Situation und hohe Angespanntheit bei den Wartungsdiensten erzeugt wird. So wird ein Schaltvorgang im 0,4-kV-Netz des Stromversorgungssystems eines städtischen Unternehmens für elektrische Verkehrsmittel untersucht (Petersburger U-Bahn) [3]. Von den 3-Phasen-Speiseleitungen verschiedener 0,4-kV-Sammelschienensektionen über den Schaltschrank der Automatischen Reserve wird die Energieversorgung der Signal- und Blockanlagen sichergestellt. Die Spannungskontrollrelais des Schaltschranks der Automatischen Reserve sorgen für die Kontrolle des Spannungsniveaus an den Sammelschienensektionen. Bei einem Absinken der Spannung an einer Speiseleitung (Sammelschienensektion) schaltet die Automatische Reserveschaltung das Speisetz der Signal- und Blockanlagen auf die Speiseleitung einer anderen

Sammelschienensektion. Der Ausfall der Spannung auf einer der beiden Wechselstrom-Sammelschienensektionen wird als störfallnahe Situation gewertet und erfordert eine unverzügliche Suche der Ursachen für die Umschaltung, sowie deren Beseitigung. Für Spannungskontrollrelais sind Schwellenwerte für die Auslösespannung festgelegt, die von den Nominalwerten abweichen. Das Relais löste jedoch mehrfach bereits beim Nominalwert der Spannung an den Sammelschienensektionen (380 V) aus. Die Analyse zu den Ursachen der Relaischaltvorgänge wurde unter Nutzung der BINOM3 durchgeführt.

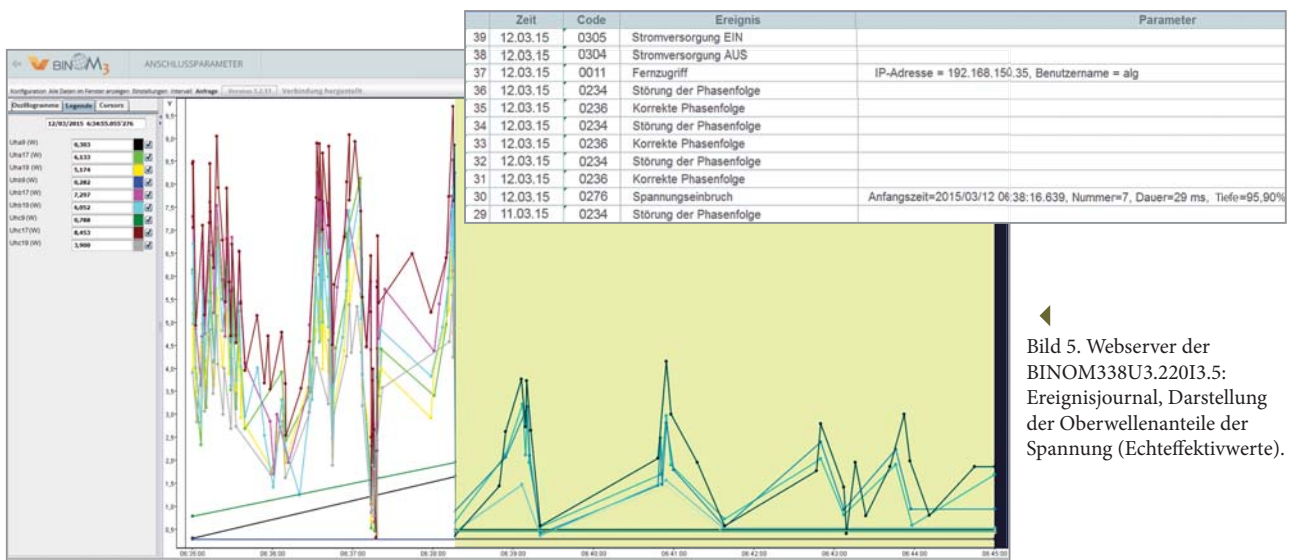
In allen Überwachungszeiträumen (24 Std.) wird das Überschreiten der Oberwellenanteile der Spannung über die normal und maximal zulässigen Werte festgehalten, z.B., Störungen bei den Harmonischen 12., 14. – 22. Ordnung, wie in (Bild 4) zu sehen. Die relative Zeit der Überschreitung der zulässigen Werte reicht bis 100%. Die Werte der Harmonischen hängen von den Charakteristiken des Elektroenergieverbrauchs des rollenden Materials ab und verändern sich ständig.

Bei einem erneuten Auslösen des Spannungskontrollrelais und der Umschaltung des Speisetzes der Signal- und Blockanlagen auf eine andere Sammelschienensektion wurde im Ereignisjournal der BINOM3 (Bild 5), das auf der integrierten Speicherkarte abgelegt ist, ein Spannungseinbruch mit folgenden Parametern festgestellt:

Beginn des Spannungseinbruchs – 06:38:16.639,
Dauer – 29 ms,
Tiefe – 95,90 %.

Im Archiv auf der Speicherkarte der BINOM3 werden die Echteffektivwerte der Spannungsharmonischen eingetragen (Bild 5).

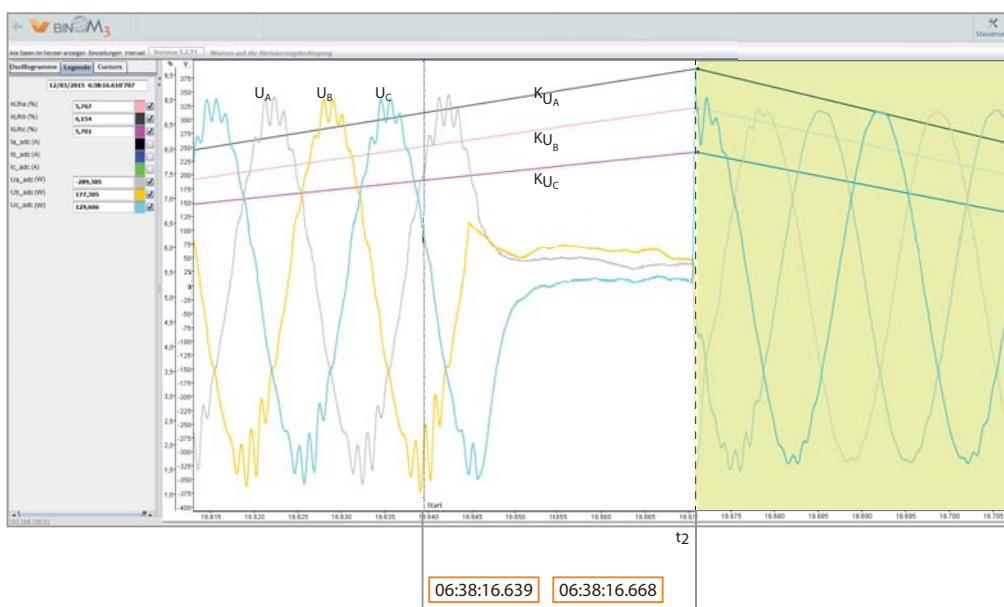
Aufgrund des Spannungseinbruchs wurde das Oszillogramm der Phasenspannungen incl. der dem Spannungseinbruch vorangegangenen Vorgeschichte auf der Speicherkarte der BINOM3



◀ Bild 5. Webserver der BINOM338U3.22013.5: Ereignisjournal, Darstellung der Oberwellenanteile der Spannung (Echteeffektivwerte).

gespeichert. Das Oszillogramm wurde mit der Darstellung der Gesamtkoeffizienten der harmonischen Oberschwingungen der Spannung kombiniert (Bild 6). Beide Bilder illustrieren das unterschiedliche Niveau der Sinusverzerrung in den verschiedenen Sammelschienensektionen (in der Speiseleitung vor und nach den Umschaltungen). Die Analyse der Archivdaten zeigte, dass es bei einer 1,4-fachen Erhöhung der Spannungsharmonischen 9., 17. und 19. Ordnung ungeachtet der Auslösesollwerte zu einer Fehlauflösung des Spannungskontrollrelais kam und eine Umschaltung des Speisernetzes der Signal- und Blockanlagen auf eine andere Sammelschienensektion erfolgte. Nach den Ergebnissen der Beurteilung von Relais unterschiedlicher Hersteller wurde der Relaisstyp geändert, wobei von den EMV-Charakteristiken für das festgestellte Störungsniveau ausgegangen wurde. Das Beispiel illustriert, dass das Vorhandensein

der Zusatzfunktionen eines digitalen Oszillografen, eines Archivierungsprogramms und von integrierten Tools zur Arbeit mit Oszillogrammen und Darstellungen im Messgerät die Möglichkeit eröffnet, mit einer direkten Abfrage am Gerät die Chronologie eines anomalen Betriebszustands oder einer Störung "aufzurollen", die Ursachen zu ermitteln und faktenbasierte Lösungen zu deren Vermeidung in der Zukunft zu finden. Die in die BINOM3 integrierte Oszillografenfunktion besitzt einmalige Eigenschaften. Bei der Synchronisation über den GLONASS-/GPS-Empfänger unter Nutzung des Sondereingangs "Synchronimpulse PPS" gestattet die BINOM3 Synchronmessungen mit einer Genauigkeit bis 1 µs in verschiedenen Objekten. Somit ergibt sich erstmals die Möglichkeit, geografisch verteilte Stromnetze und entfernte Objekte zu untersuchen.



◀ Bild 6. Webserver der BINOM338U3.22013.5: Oszillogramm der Phasenspannungen, kombiniert mit der Grafik der Gesamtkoeffizienten der Harmonischen (Echteeffektivwerte).

FAZIT

Die Entwicklung der Mikroelektronik und IT-Technologien gestattete es, ein universelles Feldgerät für Elektroanschlüsse zu schaffen, das höchste Präzision, Messzuverlässigkeit und die Funktionalität automatisierter Steuerungssysteme technologischer Prozesse besitzt. Dank diesen Geräten sind die Vorteile einer dezentralen Rechenarchitektur in der Praxis erschwinglich geworden. Die Geräte der BINOM3-Familie führen die technische und kommerzielle Erfassung der Elektroenergie, die Messung eines breiten Spektrums an elektrischen Größen, eine permanente Kontrolle und Analyse der Qualitätskennwerte für Elektroenergie, eine oszillografische Aufnahme der Parameter im normalen Betriebszustand und bei Übergangsprozessen, die Aufzeichnung von Störereignissen und Umschaltungen der Schaltgeräte durch und nehmen auch die Laststeuerung vor. Die Geräte sind mit einem integrierten Archivierungssystem und einem automatisierten Arbeitsplatz auf Basis einer Web-Visualisierung ausgestattet. Alle Daten sind im Modus des Direktzugriffs unmittelbar auf das Gerät online verfügbar. Operative Daten werden über die Datenleitungen in Standardprotokollen des Informationsaustausches übertragen.

Für den Elektroenergielieferanten (Energieversorger, Stromnetzbetreiber) und den Verbraucher sind permanentes Monitoring und Kontrolle der Parameter der Qualität der Elektroenergie wichtig. Der Versorger hat die Möglichkeit, den Verursacher der Verzerrungen festzustellen, den Anteil des Verbrauchers am zulässigen Verzerrungsniveau (wird in den technischen Bedingungen zum Anschluss des Verbrauchers an das Stromnetz definiert), die Zuverlässigkeit der Erfassung der Elektroenergie zu erhöhen und das Stromnetz in der entsprechenden Form zu betreiben, um so die notwendige Zuverlässigkeit der Stromversorgung und Effektivität seines Funktionierens zu gewährleisten. Der Verbraucher hat die Möglichkeit, die Übereinstimmung der Stromqualität mit den Forderungen der Standards (oder des Stromversorgungsvertrages) am Lieferort zu kontrollieren und Fakten für die Lieferung von Elektroenergie minderer Qualität festzustellen. Er hat somit die

notwendigen Nachweise, um sich damit an den Versorger zu wenden.

Bei Nutzung der BINOM3 am Übergabepunkt der Elektroenergie vom Versorger an den Verbraucher erfolgt die Kontrolle der Stromqualität permanent rund um die Uhr im Unterschied zur gebräuchlichen Praxis einer periodischen Kontrolle mit tragbaren Mitteln. Die periodische Kontrolle erfolgt zu geplanten Zeitpunkten oder nachdem eine Störung aufgetreten ist und kann daher keine Störungen mit Zufallscharakter feststellen, was ihr größter Nachteil ist. Die Ergebnisse der permanenten Kontrolle werden in der BINOM3 inform eines Protokolls der Übereinstimmung der Qualitätskennwerte für Elektroenergie mit den Normen dargestellt. Das Protokoll wird automatisch mit dem vorgegebenen Turnus (täglich, wöchentlich) in der Standardform (gem. GOST 33073-2014) generiert und in der Speicherkarte des Geräts aufbewahrt. Bei anormalen Ereignissen in den Stromnetzen, wie z.B. Spannungseinbrüche und -ausfälle, Überspannungen, schreibt und speichert die BINOM3 deren Parameter (Anfangszeit, Tiefe, Dauer, Anzahl) und die Oszillogramme von Strom und Spannung (vor, während und nach dem Ereignis). Protokolle und Oszillogramme der BINOM3 sind stichhaltige und zuverlässige Nachweise für die Störung der Qualität der Stromversorgung, die am Übergabepunkt der Elektroenergie vom Versorger an den Verbraucher aufgetreten ist.

Der Preis für eine BINOM3 startet ab dem Preis für einen kommerziellen Stromzähler. Die Nutzung der BINOM3 gewährleistet einen erheblichen wirtschaftlichen Effekt im Vergleich zu einem ganzen Satz auf vergleichbare Funktionen spezialisierter Geräte (Details - s.: http://binom3.ru/files/binom3_technical_description_ru.pdf).

Die Einführung derartiger Geräte in die Stromnetze und Energiesysteme gestattet es, überall die Standards der Überwachbarkeit zu erhöhen, die Tätigkeiten zu optimieren, die wirtschaftliche Effektivität, die Qualität des Ablaufs und der Steuerung von Erzeugungs-, Übertragungs-, Verteilungs- und Verbrauchsprozessen von Elektroenergie zu erhöhen.

Literaturverzeichnis:

1. O.W. Bolschakow "Zur Energie der Verzerrungen in Stromnetzen." - Moskau "Automatisierung und IT in der Energetik" Nr. 16 (65), 2014
2. "Verfahrensrichtlinien zur Kontrolle und Analyse der Qualität der Elektroenergie in allgemeinen Stromversorgungssystemen." Teil 2. Analyse der Qualität der Elektroenergie.
3. W.N. Gromow "Einfluss der Stromqualität auf die Funktion von Automatik-, Signal- und Kommunikationssystemen der U-Bahnen" Sammelband der Arbeiten der Internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz "Steuerung der Stromqualität". - Moskau: Nationale Forschungsuniversität «MEI», 2014.