

УДК 620

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО РЕЗЕРВНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Вертугин А.А.

ТОО Алматинское пуско-наладочное управление АО «Трест Средаэнергоустановка», г.Алма-Ата, Казахстан

Одной из основных задач, решаемых при организации работы энергетической системы, является обеспечение качественного и бесперебойного электроснабжения потребителей. Провалы, прерывания и выбросы напряжения электрической сети являются наиболее распространенными причинами сбоев в работе промышленных предприятий и повреждений бытового оборудования, нанося существенный экономический ущерб как потребителям, так и поставщикам электроэнергии.

Ключевые слова: электроснабжение, напряжение, электрические сети, резервный источник питания, аналого-цифровой преобразователь.

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-196-202

Кратковременные нарушения электроснабжения опасны, прежде всего, для предприятий со сложными технологическими процессами, широко использующими средства автоматизации для решения своих задач: нефтегазодобывающих и перерабатывающих, металлургических и химических, предприятий водоснабжения, водоотведения и других. На работу высоковольтных двигателей, низковольтных двигателей приводов насосов, устройств управления элементами электротехнических систем и технологических процессов этих предприятий оказывают влияние краткие по продолжительности провалы питающего напряжения.

Кратковременные нарушения электроснабжения происходят десятки раз в год и приводят к значительному экономическому ущербу, даже если их длительность составляет десятки миллисекунд. В такой ситуации решение проблемы надежности электроснабжения все чаще возлагается на потребителей электроэнергии.

Традиционно в электрических сетях для борьбы с перерывами в электроснабжении применяются устройства автоматического включения резервного источника питания. В качестве пускового органа в этих устройствах, как правило, используется орган минимального напряжения. Несмотря на то, что потребителям нужно как можно быстрее получить электропитание, необходимо замедлять срабатывание пускового органа резервного источника питания для предотвращения его излишнего действия при коротком замыкании на смежных участках сети и при дей-

ствии устройств автоматического повторного включения питающих линий. В результате, выдержка времени на действие резервного источника питания может достигать нескольких секунд.

Такая выдержка времени действия резервного источника питания недопустима, если поставлена задача сохранить непрерывность сложных технологических процессов на промышленных предприятиях, так как в результате происходит выпадение из синхронизма синхронных двигателей, опрокидывание асинхронных двигателей, отключение контакторов и пускателей напряжением 380 В, отключение частотно-регулируемых приводов и установок электроцентробежных насосов, сбой в работе другой ответственной нагрузки и систем управления.

Классификация потребителей по способу сохранения их функциональных возможностей при кратковременных нарушениях электроснабжения:

- Высоковольтные (напряжением 6...10 кВ) электрические двигатели. Во время кратковременных нарушений электроснабжения электродвигатели тормозятся, а после восстановления нормального электроснабжения могут потреблять из сети токи $(5...7)I_{ном}$ в основном за счет реактивной составляющей. Увеличение потребления реактивной мощности из сети приводит к снижению напряжения в сети и на двигателях после кратковременного нарушения электроснабжения, которое и может служить причиной нарушения функциональных возможностей двига-

телей. Исследования показывают, что успешный самозапуск двигателей с традиционным резервным источником питания возможен при суммарной мощности двигателей 0,2...0,3 от мощности питающего трансформатора, а суммарная мощность электродвигательной должна быть соизмерима с мощностью трансформатора.

- Низковольтные (напряжением 380 В) электрические двигатели. Значительную часть таких двигателей составляют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, у которых особых проблем с самозапуском нет. Однако эти двигатели подключаются к сети магнитными пускателями, которые удерживаются во включенном состоянии электромагнитами, подключенными к силовой сети. При провалах напряжения (в период кратковременных нарушений электроснабжения) происходит массовое отключение электрических двигателей, что может служить причиной нарушений технологических процессов производств.

- Устройства управления элементами электротехнических систем (например, частотными преобразователями) и технологических процессов производства. Такие устройства основное питание получают от электрической сети, а допустимая длительность перерыва их электроснабжения составляет $t_{don} < 0,1$ с. Поэтому любой провал напряжения вызывает нарушение функционирования систем управления, которые приводят, в конечном итоге, к нарушению технологических процессов производств.

Эффективно решает проблемы кратковременных нарушений электроснабжения применение систем быстрого действия автоматического ввода резерва, позволяющих осуществить почти мгновенный переход на резервный источник питания. Основные элементы быстрого действия автоматического ввода резерва, определяющие его эффективность и быстрдействие, – это пусковое устройство и коммутационные аппараты, выполняющие переключения.

Предлагается следующая реализация микропроцессорного быстрого действия автоматического ввода резерва, показанная на рис.1, для схемы, состоящей из двух параллельно работающих трансформаторов на

секционированную систему шин, от которой питаются асинхронные двигатели [1].

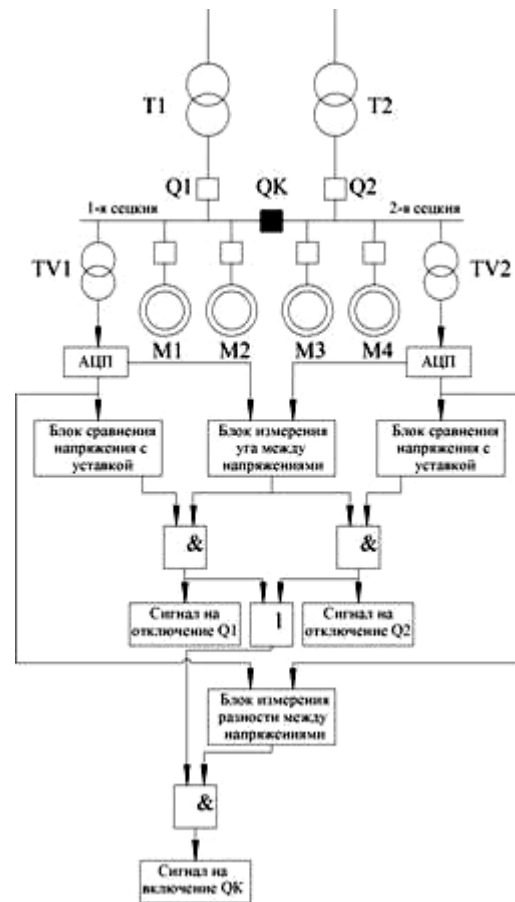


Рис. 1. Структурная схема реализации микропроцессорного устройства быстрого действия автоматического ввода резерва

В схему, представленную на рис. 1, входят:

- аналого-цифровые преобразователи;
- блоки сравнения напряжений с уставками;

- блок измерения угла между векторами напряжений первой и второй секций;
- блок измерения разности между напряжениями первой и второй секций;
- логические блоки «И» и «ИЛИ».

Работа аналого-цифровых преобразователей в данной схеме основана на представлении синусоиды в виде ступенчатого сигнала. Сигнал напряжения, полученного после обработки в аналого-цифровом преобразователе, представлен на рис. 2 [2].

Работа блока измерения угла между напряжениями заключается в измерении разности между ступенчатыми сигналами первой и второй секций и по длительности сигнала разности определения величины угла между

напряжениями обеих секций. Если величина угла между секциями становится равной 90° , то на выходе появляется сигнал «1», если величина угла менее 90° , то сигнал на выходе будет «0». Диаграммы работы этого блока

показаны на рис. 3. Работа блока измерения разности между напряжениями аналогична работе блока измерения угла между напряжениями [2].

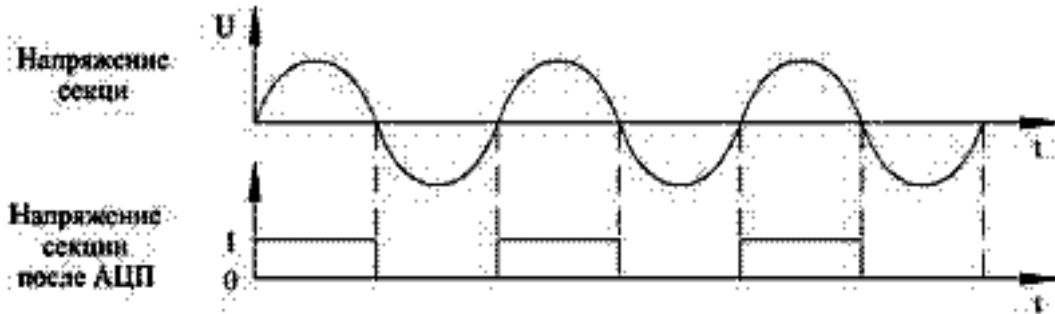


Рис. 2. Сигнал напряжения полученного после обработки в аналого-цифровом преобразователе (7 кадров, 15 с, 7 Кб)

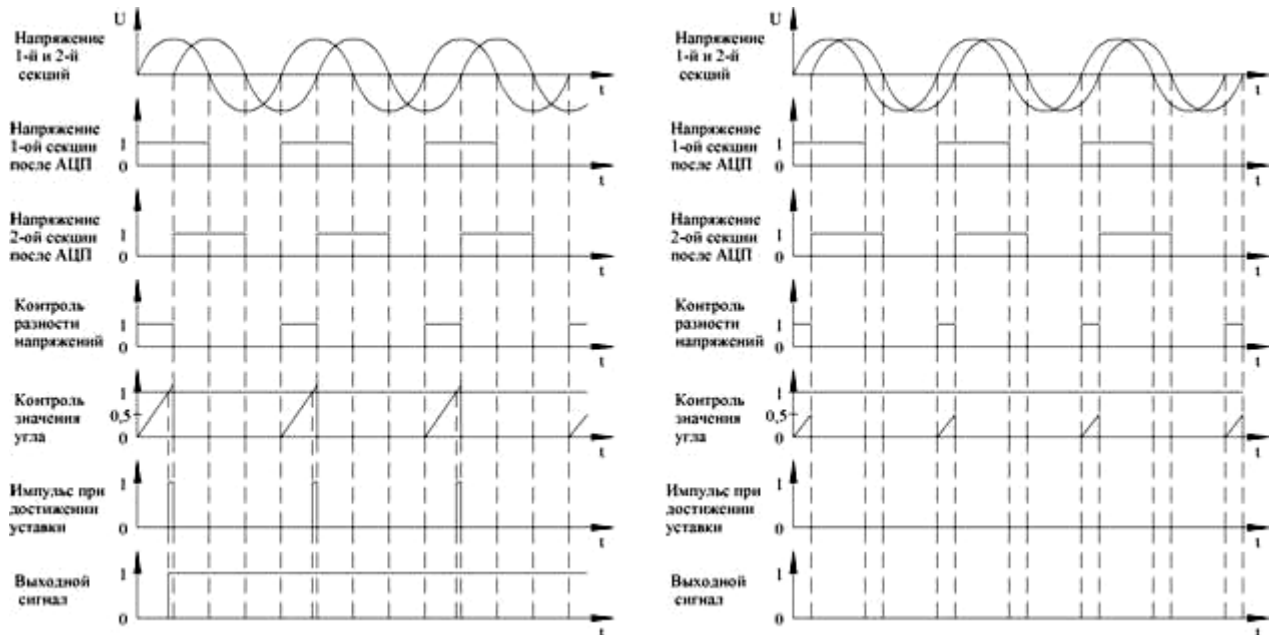


Рис. 3. Диаграммы работы блока измерения угла между напряжениями: а - при сдвиге между векторами на 90° ; б - при сдвиге между векторами на 45°

В нормальном режиме секции питаются от своих трансформаторов Т1 и Т2 и устройство быстродействующего автоматического ввода резерва не приходит в действие из-за сигнала «0» от блоков сравнения напряжения с заданной уставкой.

Работа устройства основана на следующем алгоритме. При потере питания на первой секции система векторов электродвижущих сил выбегающих двигателей начнёт вращаться относительно системы векторов напряжения второй секции и напряжение на первой секции начинает снижаться. При дос-

тижении углом между векторами напряжений двух секций значения, равного 90° , и при снижении напряжения первой секции ниже заданного уровня на выходе блоков сравнения напряжения с уставкой и измерения угла между напряжениями появляются сигналы «1». Эти сигналы подаются на вход логического блока «И», который дает сигнал на отключение выключателя первой секции Q1, если сигнал на его выходе равен «1». Одновременно с этим осуществляется контроль разности напряжения между двумя секциями и при достижении разности менее

$1,4U_{ном}$ на выходе блока измерения разности напряжения появится сигнал «1». Для правильной работы устройства предусмотрен логический блок «ИЛИ», который исключает ложное включение секционного выключателя QK при разнице между напряжениями более $1,4U_{ном}$. Сигналы от блока измерения разности напряжения и от логического блока «ИЛИ» подаются на логический блок «И», который дает сигнал на включение секционного выключателя QK при наличии сигнала «1» на его выходе.

В случае возникновения трёхфазных или однофазных коротких замыканий на отходящих линиях угол между векторами напряжений первой и второй секций будет меньше 90° и на выходе блока измерения угла между напряжениями будет сигнал «0», который не приводит к неправильной работе устройства. При возникновении двухфазных коротких замыканий на отходящих присоединениях напряжение на секции не снизится ниже уставки и на выходе блока сравнения напряжения с уставкой будет сигнал равный «0». Таким образом, контроль уровня напряжения на секциях и величины угла между векторами напряжений обеих секций позволяет исключить неправильную работу устройства при различных видах коротких замыканий на отходящих присоединениях. По указанным выше причинам устройство не будет срабатывать и при возникновении коротких замыканий на питающих присоединениях, которые должны отключаться быстродействующими защитами [3].

Таким образом, назначение рассмотренного устройства быстродействующего автоматического ввода резерва заключается в обеспечении неотключений любых потребителей электрической энергии промышленного предприятия путем их переключения на резервный источник питания за время не более 40 мс при кратковременных нарушениях электроснабжения на электрических подстанциях, распределительных устройствах, главных понизительных подстанциях с вакуумными выключателями. Область применения - распределительные устройства (подстанции) с независимыми источниками электропитания, имеющие нагрузку, высокочувствительную к кратковременным нарушениям электроснабжения:

- напряжением 0,38 кВ,
- напряжением 6 и 10 кВ,

Внедрение быстродействующих микропроцессорных резервных источников питания позволяет достичь следующих целей:

- обеспечить надежное и непрерывное электроснабжение потребителей за счет быстродействующего ввода (не более 40 мс) резервного питания в случае аварийных и ненормальных режимов в питающих электрических сетях;

- повысить остаточные напряжения на шинах ТП 6(10)/0,4 кВ и существенно уменьшить отпадание магнитных пускателей, контакторов в цепи питания низковольтных электродвигателей, сбоев компьютерных систем управления, отключений преобразователей частоты и напряжения;

- обеспечить успешный самозапуск всех электродвигателей после восстановления электроснабжения потребителей;

- выполнить осциллографирование параметров режима (заданный период до нарушения электроснабжения, весь процесс кратковременного нарушения электроснабжения и период после переключения на резервный источник) в энергонезависимой памяти с общей длительностью записи до нескольких десятков часов (зависит от объема установленной flash-памяти).

На практике, на объектах АО «КазТрансОйл» (г. Атырау, Республика Казахстан) и АО «Узеньмунайгаз» (г. Жанаозень, Республика Казахстан) для реализации быстродействующего автоматического ввода резерва было применено пусковое устройство типа БАВР 072 НПК ПРОМИР. Пусковое устройство быстродействующего резервного источника питания использует уникальный алгоритм, защищенный патентом Российской Федерации [4]. Коммутационный аппарат включает сверхбыстродействующий вакуумный выключатель ВВ/TEL-10-31,5/2000Q совместно с блоком управления СМ_1501_01(4), который входит в состав нового поколения блоков управления вакуумными выключателями, обеспечивающих высокое быстродействие выполнения операций включения и отключения выключателя. Время распознавания им команды управления составляет 4 мс. Собственное время включения вакуумного выключателя состав-

ляет не более 20 мс, а собственное время отключения - не более 8 мс. Более подробные технические характеристики устройств, вхо-

дящих в состав системы быстродействующего автоматического ввода резерва приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики устройств, входящих в состав системы быстродействующего автоматического ввода резерва

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение распределительного устройства, кВ	6(10)
Номинальный ток вакуумных выключателей ВВ/TEL-10-31,5/2000_Q, А	2000
Номинальный ток отключения вводных вакуумных выключателей ВВ/TEL-10-31,5/2000_Q, кА	31,5
Коммутационный ресурс вакуумных выключателей ВВ/TEL-10-31,5/2000_Q, циклов	30 000
Время включения вакуумного выключателя ВВ/TEL-10-31,5/2000_Q, мс	20
Время отключения вакуумного выключателя ВВ/TEL-10-31,5/2000_Q, мс	8
Время распознавания команды блоком управления СМ_1501_01(4), мс	4
Время срабатывания реле управления быстродействующего автоматического ввода резерва, мс	8
Полное время переключения с основного ввода на резервный, мс, не более	50

Для указанного быстродействующего автоматического ввода резерва, построенного на цифровых системах обработки входных величин, время реакции на несимметричные внешние короткие замыкания сократилось до 6...15 мс.

После проведенного монтажа шкафа управления устройства быстродействующего автоматического ввода резерва и установки вакуумных выключателей ВВ/TEL-10-31,5/2000Q на выкатные элементы ячеек 6(10) кВ были проведены испытания и моделирование режимов короткого замыкания и пропадания питающего напряжения на одной из секций при помощи программного комплекса PSCAD и программно-технических измерительных комплексов РЕТОМ-61 и РЕТОМ-51.

В результате испытаний было подтверждено, что собственное время включения выключателя не превышает 22 мс, а собственное время отключения – не более 8 мс. При этом собственное время реакции микропроцессорного пускового устройства быстродействующего автоматического ввода ре-

зерва изменялось в диапазоне от 11 до 15 мс, а полное время переключения на резервный источник питания – в диапазоне от 34 до 38 мс в зависимости от вида имитируемого режима работы первичной сети.

Применение комплекса быстродействующего автоматического ввода резерва в комплексном распределительном устройстве КМ-1КФ на головной нефтеперекачивающей станции «Каламкас» АО «КазТрансОйл» магистрального нефтепровода «Каламкас-Каражанбас-Актау» (г. Атырау, Республика Казахстан) позволило произвести переключения на резервный источник питания за 34 мс, что находится в зоне нечувствительности оборудования к провалам питающего напряжения. В данном случае магистральные насосные агрегаты мощностью 3500 КВА подключены через частотно-регулируемый привод ПЧТЭ-3500. Отключения отсутствовали.

Применение комплекса быстродействующего автоматического ввода резерва в комплексном распределительном устройстве К-59 на блочно-кустовой насосной станции №4 АО «Узеньмунайгаз» (г. Жанаозень, Рес-

публика Казахстан) позволило произвести переключения на резервный источник питания за 36 мс, что находится в зоне нечувствительности оборудования к провалам питающего напряжения. В данном случае магистральные насосные агрегаты мощностью 2600...3500 кВА подключены через устройство плавного пуска УППВЭ (производство г.Чебоксары). Отключения отсутствовали.

Выводы. Внедрение комплекса быстродействующего автоматического ввода резерва позволило:

- обеспечить надежное и непрерывное электроснабжение потребителей в случае аварийных и ненормальных режимов в питающих и распределительных электрических сетях;

- повысить остаточные напряжения на шинах ТП 6(10)/0,4кВ (на уровне выше $0,9U_{ном}$), минимизировать отпадание магнитных пускателей и контакторов в цепи питания низковольтных электродвигателей, предотвратить сбои компьютерных систем управления;

- обеспечить успешный самозапуск всех электродвигателей после восстановления электроснабжения;

- предотвратить дорогостоящие перерывы в работе технологического оборудования;

- повысить ресурс электродвигателей, насосов, трансформаторов ввиду снижения токов самозапуска в 2...3 раза и отсутствия необходимости повторных пусков агрегатов;

- снизить риски экологических катастроф при нарушениях электроснабжения в энергосистеме;

- повысить уровень автоматизации производства, увеличить производительность.

Следует также отметить, что по статистике комплекс быстродействующего автоматического ввода резерва окупается в среднем за 1 год, что делает это решение крайне привлекательным.

Список литературы

1. АО «ГК «Таврида Электрик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tavrida.ru>.

2. ООО «НПК «Промир» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.npkpromir.com>.

3. Волкоморов, В.В. Релейная защита и автоматика КРУ «Вертикаль» / В.В. Волкоморов // Электрические сети и системы. – 2009. – №6. – С. 51-53.

4. Патент 2398338 Российская Федерация Н02J 9/06. Способ автоматического включения резервного электропитания потребителей (варианты) и устройство для его осуществления / В.А. Жуков, В.М. Пупин. – Заявл. 30.04.2009, № 2009130901/09. Оpubл. 27.08.2010. – Бюл. № 24.

Об авторе

Вертугин Александр Алексеевич - инженер-энергетик, заместитель директора по электроснабжению ТОО Алматинское пусконаладочное управление АООТ «Трест Средазэнергомонтж», etaliya@mail.ru.

INCREASING THE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES FOR THE ACCOUNT OF APPLICATION OF A QUICK-RUNNING REDUNDANT POWER SUPPLY

Vertugin A.A.

LLP Almaty start-up and adjustment department JSC "Trest Sredazenergomontazh", Almaty, Kazakhstan

One of the main tasks to be performed when organizing the operation of the energy system is to ensure high-quality and uninterrupted power supply to consumers. Dips, interruptions and voltage surges of the electrical network are the most common causes of malfunctions in industrial plants and damage to household equipment, causing significant economic damage to both consumers and electricity suppliers.

Keywords: *power supply, voltage, electric network, reserve power supply, analog-to-digital converter.*

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-196-202

References

1. AO «GK «Tavrida Elektrik». Available at: <http://www.tavrida.ru/> (in Russian)
2. ООО «NPK «Promir». Available at: <http://www.npkpromir.com> (in Russian)
3. Volkomorov V.V. Relay protection and automation KRU "Vertical". *Elektricheskie seti i sistemy*, 2009, No.6, pp. 51-53. (in Russian)
4. Patent RU 2398338. *Sposob avtomaticheskogo vklyucheniya rezervnogo ehlektropitaniya potrebitelej (variantih) i ustroy-*

jstvo dlya ego osuthestvleniya [Method of automatic switching on backup power supply to consumers (options) and a device for its implementation]. Zhukov V.A., Pupin V.M. Declared 30.04.2009. Published 27.08.2010.

Author' information

Alexander A. Vertugin - power engineer, deputy director for electricity supply at LLP Almaty start-and-adjustment department of JSC "Trest Sredazenergomontazh", etaliya@mail.ru.

Дата публикации
(Date of publication):
25.06.2017

