

УДК 621.316

И.И. Никулов, А.Р. Бакиров

**КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ГОРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ. СИСТЕМЫ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО
АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА (БАВР)**

Сверхбыстродействующие вакуумные выключатели серии ВВ/TEL-10-31,5/2000Q производства Таврида Электрик обеспечивают минимальные времена включения и отключения, что при применении совместно с МБПУ БАВР 072 позволяет получить уникально малое время цикла БАВР не превышающее 34 мс.

Ключевые слова: автоматический ввод резерва (АВР), вакуумные выключатели (ВВ), нарушение электроснабжения, внешнее электроснабжение, устройства БАВР.

Основными причинами нарушения надежности электроснабжения потребителей являются короткие замыкания в схемах внешнего и внутреннего электроснабжения. В условиях, когда уровень износа электрооборудования достаточно велик, число коротких замыканий, обуславливающих провалы напряжения, возрастает с каждым годом.

В таких условиях решение проблемы надежности электроснабжения возлагается на самих потребителей электроэнергии. В особенности, последнее актуально для предприятий со сложными технологическими процессами и предприятий широко использующих средства автоматизации для выполнения своих задач. Среди них – предприятия, специализирующиеся на добыче и переработке нефти и газа, металлургические предприятия, предприятия водоснабжения и водоотведения и конечно предприятия горной отрасли. На работу высоковольтных электрических двигателей, низковольтных электродвигателей различных приводов, устройств управления элементами электротехнических систем и технологических процессов этих предприятий оказывают влияние короткие по продолжительности провалы питающего напряжения. Последние происходят

десятки раз в год и приводят к значительным экономическим ущербам, даже если их длительность составляет несколько сотен микросекунд.

Традиционно в электрических сетях для борьбы с кратковременными перерывами электроснабжения применяются устройства автоматического включения резервного источника питания (АВР). В качестве пускового органа в этих устройствах, как правило, используется орган минимального напряжения. Несмотря на то, что для потребителей электроэнергии необходимо как можно быстрее получить электропитание, требуется вводить намеренное замедление действия пускового органа АВР. Указанное производится для предотвращения излишнего действия устройств АВР при КЗ на смежных участках сети и при действии устройств АПВ питающих линий. Таким образом, требуется производить замедление на время, большее, чем максимальная выдержка времени релейной защиты на смежных участках сети, или на время, большее чем выдержка времени устройства АПВ. В результате, выдержка времени на действие устройства АВР может достигать нескольких секунд.

Такие величины выдержек времени действия АВР оказываются недо-

пустимы при постановке задачи сохранения непрерывности сложных технологических процессов промышленных предприятий: происходит выпадение из синхронизма синхронных двигателей, опрокидывание асинхронных двигателей, отключение контакторов и пускателей напряжением 380В, отключение частотно-регулируемых приводов, установок электроцентробежных насосов и другой ответственной нагрузки.

Для исключения ущербов и обеспечения непрерывности технологических процессов разработаны более технически совершенные, по сравнению с традиционными, устройства АВР, отличающиеся сверхбыстродей-

ствием (устройства быстродействующего АВР – БАВР). Устройства БАВР сочетают в себе целый ряд пусковых органов, взаимодействующих между собой согласно специфическим алгоритмам, позволяющим правильным образом идентифицировать аварийные режимы, в которых требуется произвести ввод резервного источника питания (короткие замыкания $K1, K2, K5$) и в которых переключение на резервный источник питания не требуется (короткие замыкания $K3, K4$). К примеру, эти устройства могут включать в себя органы минимального напряжения, реле направления мощности, органы контроля углов сдвига между напряжениями

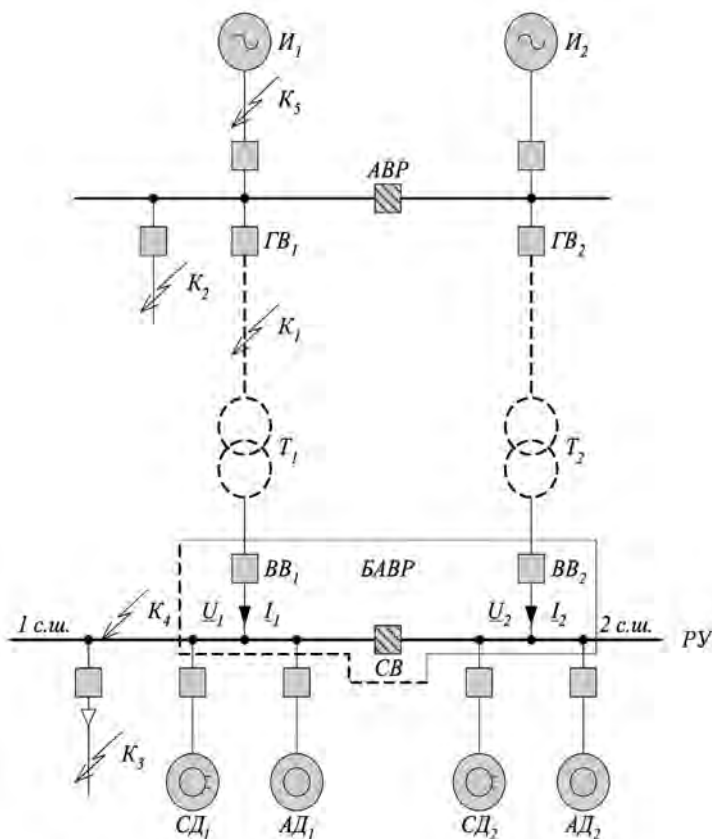


Рис. 1. Схема двухсекционного распределительного устройства с двумя вводными и одним секционным выключателем.

первой и второй секций шин и органы минимального тока. Алгоритмы устройства БАПР позволяют решить обозначенные задачи за минимальное время, не требуя согласования по времени с устройствами релейной защиты и автоматики смежных элементов. Собственное время реакции устройств БАПР на аварийные режимы в первичной сети, как правило, не превышает 20–30 мс.

Пусковые устройства БАПР являются лишь одной составляющей системы БАПР, в которую помимо самого пускового устройства также входят трансформаторы тока и напряжения, а также силовые выключатели в числе трех единиц. При этом на быстродействие переключения на резервный источник питания среди перечисленных могут оказывать влияние только силовые выключатели. Это обуславливает необходимость применения современных сверхбыстродействующих выключателей, обеспечивающих полное время переключения на резервный источник, с учетом времени срабатывания пускового устройства БАПР, не более 40 мс, что позволяет обеспечить устойчивость функционирования всей нагрузки в зависимости от ее состава.

Таковыми выключателями стали разработанные инженерами компании

Таврида Электрик сверхбыстродействующие выключатели ВВ/TEL-10-31,5/2000Q (рис. 2). Собственное время включения которых составляет не более 22 мс, а собственное время отключения – не более 8 мс. Указанных характеристик выключателя удалось достичь за счет ноу-хау, примененных при разработке быстродействующего блока управления СМ_15_FT и конструкции самого вакуумного выключателя. При этом, несмотря на то, что выключатель стал обладать высоким быстродействием, ресурс по коммутационной стойкости сохранился на прежнем уровне, характерном для традиционного исполнения выключателя ВВ/TEL, надежность которого проверена тысячами реализованных проектов по всему миру.

Выключатель ВВ/TEL-10-31,5/2000Q основывается на запатентованной идеологии пофазного электромагнитного привода с магнитной защелкой. Выключатель имеет простейшую кинематическую схему, при которой все подвижные части двигаются вдоль вертикальной оси. Это позволяет исключить наличие вращающихся элементов и создать не обслуживаемый малогабаритный привод. Пофазный электромагнитный привод удерживает выключатель во включенном поло-



Рис. 2. Внешний вид ВВ/TEL-10-31,5/2000-Q с блоком управления СМ_15_FT



Рис. 3. Внешний вид МБПУ БАПР 072

Основные технические параметры

Наименование параметра	ВВ/TEL-10-31,5/2000Q У2
Номинальное напряжения, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	2000
Номинальный ток отключения, кА	31,5
Ток динамической стойкости (наибольший пик), кА	80
Испытательное кратковременное напряжение (одноминутное) промышленной частоты, кВ	42
Нормированное процентное содержание апериодической составляющей, %	40
Ресурс по коммутационной стойкости: при номинальном токе, циклов «ВО» при номинальном токе отключения, операций «О» при номинальном токе отключения, циклов «ВО»	30 000 50 25
Собственное время включения выключателя при использовании устройства управления CM_15_FT, мс, не более	22
Собственное время отключения выключателя при использовании устройства управления CM_15_FT, мс, не более	8
Полное время отключения выключателя при использовании устройства управления CM_15_FT, мс, не более	18
Верхнее/нижнее значение температуры окружающего воздуха, °С	+55 /-40
Стойкость к механическим воздействиям, группа по ГОСТ 17516.1-90	M6
Масса, кг, не более	55

жении неограниченно долго при минимальном потреблении электроэнергии по цепи оперативного питания. На сегодняшний день инженерами российской группы компаний «Таврида Электрик» разработан комплекс решений по применению быстродействующего выключателя ВВ/TEL-10-31,5/2000Q как при модернизации распределительных устройств прежних лет выпуска, так и для применения в составе новых распределительных устройств.

Для подтверждения характеристик сверхбыстродействующего выключателя ВВ/TEL-10-31,5/2000-Q и эффективности его применения в системах БАВР были проведены лабораторные испытания системы, в кото-

рой в качестве пускового устройства БАВР использовалось микропроцессорное пусковое устройство МБПУ БАВР 072 (рис. 3) разработки научно-производственной компании «ПРО-МИР» имеющее уникальное время реакции на возникновение аварийного режима составляющее всего 6–12 мс. В результате испытаний было подтверждено, что собственное время включения выключателя не превышает 22 мс, а собственное время отключения не превышает 8 мс. При этом собственное время реакции микропроцессорного пускового устройства МБПУ БАВР изменялось в диапазоне от 11 до 16 мс, в полное время переключения на резервный источник питания в диапазоне от 27 до 34 мс.

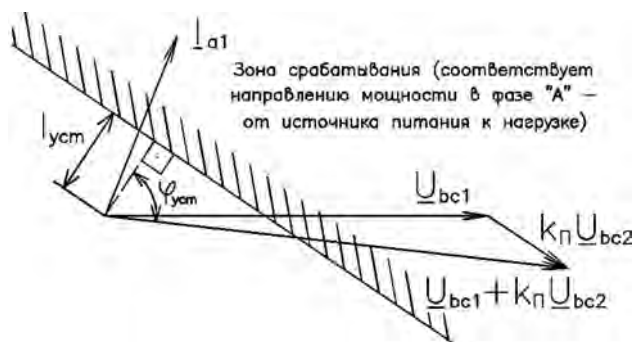


Рис. 4. Характеристика срабатывания адаптивного АВР в комплексной плоскости

Для получения времен реакции 6–12 мс и достижения уникального общего времени переключения на резервный ввод не более 34 мс специалистами компании «ПРОМИР» реализовано пусковое устройство, которое включает орган минимального напряжения, особое реле направления мощности (тока), орган контроля углов сдвига между напряжениями первой и второй секции, орган минимального тока [1]. Пусковое устройство снабжено особым алгоритмом работы реле направления тока (РНТ). Характеристика срабатывания РНТ в комплексной плоскости представлена на рис. 4.

Направление тока (мощности) определяется расчетным путем и считается прямым (от источника к шинам), если:

$$\operatorname{Re} \left(\frac{\left((U_{ab1} + k_{\Pi} U_{ab2}) I'_{c1} e^{j\varphi_{уст}} \right)}{|U_{ab1} + k_{\Pi} U_{ab2}|} \right) > I_{уст},$$

где U_{ab1} , U_{bc1} , U_{ca1} , U_{ab2} , U_{bc2} , U_{ca2} – комплексные действующие значения напряжений на шинах источника питания основного и резервного соответственно; I'_{a1} , I'_{b1} , I'_{c1} – комплексные числа, соответственно сопряженные с комплексными действующими значениями токов I_{a1} , I_{b1} , I_{c1} на вводе основного источника питания; $\varphi_{уст}$, $I_{уст}$, k_{Π} – заданные уставки угла, тока и коэффициента подпитки от шин резервного источника питания соответственно [2].

Разработанный комплекс БАВР состоящий из сверхбыстродействующих выключателей ВВ/TEL-10–31,5/2000Q и пускового устройства БАВР 072 имеет успешный опыт внедрения на десятках объектов, по итогам которого сроки окупаемости этого решения составляют 1–2 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков В.А., Гумиров Д.Т., Пулин В.М. Микропроцессорный быстродействующий АВР как средство обеспечения надежного электроснабжения ответственных потребителей. «Обеспечение надежности работы энергетического оборудования». Дзержинск, ОАО «НИПОМ». 18–21 июня 2007. С. 98–104.

2. Гумиров Д.Т., Жуков В.А., Пулин В.М. Повышение надежности работы электроцентробежных насосов и станков-качалок при авариях в питающих сетях предприятий нефтедобычи. Главный энергетик. 2009. № 9. С. 56–66. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Никулов Илья Игоревич – начальник отдела защитных аппаратов ЗАО «ГК «Таврида Элекрик», e-mail: nii@tavrida.ru,

Бакиров Альберт Робертович – доктор технических наук, профессор, e-mail: bakirovar@gambler.ru, Московский государственный горный университет.

SWITCH MODULE FOR MINING INDUSTRY. FAST AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (FATS) SYSTEM

Nikulov I.I., Head of the Department of Protective Devices, CJSC «Group of Companies «Tavrida Electric», e-mail: nii@tavrida.ru,
Bakirov A.R., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: bakirovar@rambler.ru,
Moscow State Mining University.

Tavrida Electric vacuum circuit breakers BB/TEL-10-31,5/2000Q are designed in a way to provide both trip and close time minimal in the industry and with High Speed Transfer Device БАБР 072 reaches extremely short transfer times no more than 34ms.

Key words: Automatic Transfer Switches (ATS), Vacuum Circuit Breakers (VCB), power supply interruptions, external power supply, high speed transfer devices.

REFERENCES

1. Zhukov V.A., Gumirov D.T., Pupin V.M. *Mikroprocessornyj bystrodejstvujushhij AVR kak sredstvo obespechenija nadezhnogo jelektrosnabzhenija otvetstvennyh potrebitelej* (Microprocessor fast reaction automatic transfer circuit breaker for the essential services energy supply reliability), «Obespechenie nadezhnosti raboty jenergeticheskogo oborudovanija», Dzerzhinsk, OAO «NIPOM», 18–21 June 2007, pp. 98–104.
2. Gumirov D.T., Zhukov V.A., Pupin V.M. *Glavnyj jenergetik*, 2009, no 9, pp. 56–66.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ МОНООКСИДА НИКЕЛЯ В ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ

Губин Владимир Вячеславович – аспирант кафедры автоматизации технологических процессов и производств, e-mail: gubin.vl@gmail.com,

Фирсов Александр Юрьевич – доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств, кандидат технических наук, e-mail: firs@spmi.ru,

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

Статья посвящена методу определения состава расплава в процессе восстановительной плавки оксида никеля в электродуговой печи, который основан на спектральном анализе шумов печи. Идея заключается в том, что увеличение содержания оксидов металла в расплаве, сопровождается бурлением и образованием микровзрывов вблизи электродов, что приводит к увеличению амплитуды звукового сигнала на определенных частотах. Сделаны выводы о возможности применения данного метода для определения состава расплава в реальном времени.

Ключевые слова: спектральный анализ, электродуговая печь, плавка оксида никеля, полосовая фильтрация.

THE METHOD FOR THE DETERMINATION THE STATE OF METAL AT PROCESS OF REDUCTION SMELTING NICKEL MONOXIDE IN ELECTRIC ARC FURNACE

Gubin V.V., Graduate Student, e-mail: gubin.vl@gmail.com,

Firsov A.Y., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, e-mail: firs@spmi.ru,

National Mineral Resource University «University of Mines», e-mail: rectorat@spmi.ru.

The article is devoted to a method for determining the composition of the melt in the process of smelting reduction of nickel oxide in an electric arc furnace, which is based on spectral analysis of the noise furnace. The idea is that an increase in the content of metal oxides in the melt is accompanied by the formation of microexplosions near the electrodes, which increases the amplitude of the sound signals at certain frequencies. It was concluded that this method can be used for determining the composition of the melt in real time.

Key words: Spectral analysis, Electric arc furnace, melting of nickel oxide, band-pass filtering.