

АВТОМАТИКА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАРЬЕРОВ

Муратов Г.Г.¹, Анарбаев С.А.², Махамаджанов Р.К.³

¹Муратов Гуламжан Гафурович - старший преподаватель;

²Анарбаев Султан Аккулович - старший преподаватель;

*³Махамаджанов Равшан Камилджанович – ассистент,
кафедра электротехники и электромеханики,
Алмалыкский филиал*

*Ташкентский государственный технический университет им. Ислама
Каримова,*

г. Алмалык, Республика Узбекистан

***Аннотация:** к устройствам автоматического включения резерва АВР предъявляются следующие основные требования: устройства должны приходиться в действие в случае исчезновения напряжения на шинах подстанции по любой причине; с целью уменьшения длительности перерыва в питании потребителей резервный источник должен включаться сразу же после отключения рабочего источника; для исключения многократных включений резервного источника на неустранившееся короткое замыкание КЗ действие АВР должно быть однократным; устройства АВР не должны приходиться в действие до отключения выключателя, связывающего подстанцию с рабочим (поврежденным) источником; должно предусматриваться ускорение действия защиты резервного источника после АВР.*

***Ключевые слова:** короткие замыкания, автоматическое включение резерва, электроснабжения, релейной защиты.*

В системах электроснабжения карьеров нашли применение следующие основные виды системной автоматики: автоматическое включение резерва (АВР) автоматическое повторное включение (АПВ), автоматическая частотная разгрузка (АЧР), автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей и др.

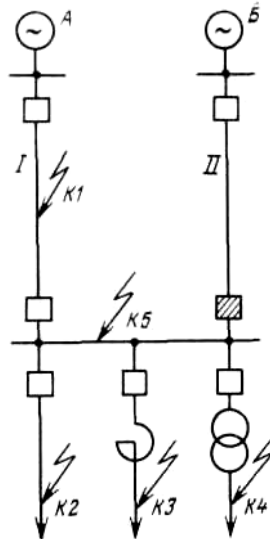


Рис. 1. К пояснению работы АВР

Включение резервного элемента системы электроснабжения с помощью АВР должно происходить при вполне определенных условиях, которые контролируются пусковыми органами.

Схема, поясняющая принцип действия АВР, показана на рис. 1, где линия I — рабочая, а линия II — резервная. Устройство АВР должно приходиться в действие только при авариях на рабочей линии. Однако для этого требуется иметь избирательные пусковые органы, которые бы четко фиксировали место аварии. Возможен другой подход к выбору пусковых параметров схемы АВР — устройство приходит в действие при аварии не только на рабочей линии, но и в других точках системы электроснабжения. При аварии вне рабочей линии схема блокируется и переход на резервную линию не происходит. Преимущество такого подхода — простота пусковых органов устройств АВР, в качестве которых широко применяют реле минимального напряжения, реагирующие на понижение напряжения в аварийных режимах. При КЗ на отходящих линиях (рис.1) в точках K2, K3 или K4 переходить на резервную линию не имеет смысла. В этих случаях неправильное действие схемы АВР может быть устранено правильным выбором срабатывания пускового органа (реле минимального напряжения) и введением временной задержки. Для отстройки от КЗ за реактором или трансформатором на отходящей линии (точки K3 и K4) напряжение пуска должно быть меньше остаточного напряжения на сборных шинах:

$$U_{\text{пуск}} \leq \frac{U_{\text{о.к.з.}}}{k_o k_n}$$

где $U_{\text{о.к.з.}}$ — наименьшее расчетное значение остаточного напряжения к.з.; $k_o = 1.2 \div 1.3$ — коэффициент отстройки; k_n — коэффициент

трансформации трансформатора напряжения.

Аналогичным образом обеспечивают несрабатывание пускового органа АВР при самозапуске электродвигателей, который сопровождается посадкой напряжения на шинах подстанции:

$$U_{\text{пуск}} \leq \frac{U_{\text{о.с.з.}}}{k_o k_n}$$

где $U_{\text{о.с.з.}}$ — наименьшее напряжение на шинах подстанции при самозапуске электродвигателей.

Отстройка от неправильного действия схемы АВР при КЗ на отходящей нереактированной линии (точка $K2$) осуществляется за счет выдержки времени. Время отключения схемой АВР рабочей линии выбирается на ступень селективности больше времени срабатывания защиты отходящей нереактированной линии: $t_{\text{АВР}} = t_{\text{с.з. max}} + \Delta t$

Особым случаем является КЗ на шинах подстанции (точка $K5$). Отстроить действие АВР по напряжению или за счет выдержки времени от такого повреждения нельзя.

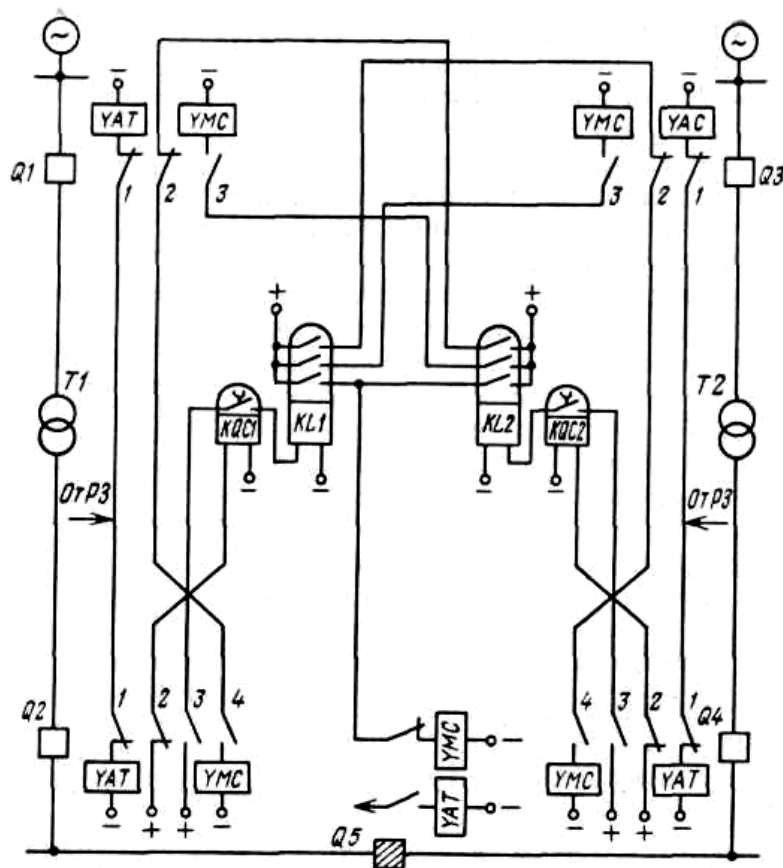


Рис. 2. Упрощенная схема АВР трансформатора

На рис. 2 представлена упрощенная схема АВР трансформатора с действием на секционный выключатель. В случае неявного резерва до

цикла АВР каждый трансформатор покрывает нагрузку своих потребителей. Секционный выключатель $Q5$ нормально отключен. В аварийном режиме оба трансформатора друг друга взаимно резервируют.

При отключении одного из трансформаторов релейной защитой при повреждении (например, первого) блок-контакт 2 выключателя $Q2$ размыкает цепь питания реле $KQC1$, имеющего выдержку времени на размыкание контактов. Блок-контакт 3 выключателя $Q2$, замыкаясь через еще замкнутый контакт реле $KQC1$, подает питание на промежуточное реле $KL1$. Это реле срабатывает и своими контактами замыкает цепь питания катушек включения выключателей $Q5$ (нижним), $Q3$ (средним) и $Q4$ (верхним). Если перед этим трансформатор $T2$ уже был включен, то включается только секционный выключатель $Q5$. При отключенном трансформаторе $T1$ будут включаться три выключателя. Для устранения перегрузки источника оперативного тока при одновременном включении трех выключателей предусмотрена блокировка с помощью блок-контакта 2 выключателя $Q3$ (выключатель $Q4$ включается только после полного включения $Q3$). Аналогичным образом трансформатор $T2$ резервируется трансформатором $T1$. В этом случае срабатывает реле $KQC2$ и $KL2$ и включается выключатель $Q5$ (или одновременно $Q5$, $Q1$ и $Q2$).

Для исключения действия АВР при преднамеренном отключении одного из трансформаторов и обесточивании соответствующей секции шин подстанции в цепь питания промежуточных реле KL следует включить контакты ключа управления.

При отключении источника пусковой орган минимального напряжения может приходить в действие не сразу, так как в течение 0,5—1,5 с синхронные и асинхронные электродвигатели будут поддерживать на шинах остаточное напряжение, превышающее напряжение срабатывания реле минимального напряжения. Крупные синхронные двигатели и синхронные компенсаторы могут поддерживать остаточное напряжение на шинах значительно дольше. Для ускорения в таких условиях действия АВР пусковой орган целесообразно дополнять реле частоты. При отключении источника питания электродвигатели начинают резко снижать частоту вращения и соответственно частоту остаточного напряжения.

Повторное включение поврежденной и отключенной релейной защитой линии может выполняться вручную или автоматически. Комплекс автоматики, обеспечивающий повторное включение линий, называют устройством автоматического повторного включения (АПВ). Если после повторного включения линия остается в работе, то считается, что цикл АПВ был успешным. Неуспешные циклы АПВ происходят при возникновении на линии устойчивых (несамоликвидирующихся) КЗ

Устройства АПВ могут быть одно- и многократного действия. При многократном АПВ цикл отключения линий с повторным включением осуществляется несколько раз подряд. Смысл многократного АПВ

заключается в том, чтобы при неуспешном действии в первом цикле сохранить линию в работе за счет последующих циклов. Из многократных АПВ обычно на линиях с односторонним питанием используются двух- и трехкратные АПВ. Успешность действия первого цикла составляет 50—85%, второго—около 15%, третьего—1,5—3,0 %. В сетях карьеров находят применение в основном однократные АПВ. Кроме того, АПВ допускается при срабатывании защиты от однофазных замыканий на землю при условии оснащения карьерных сетей устройствами опережающего контроля изоляции.

В зависимости от способа пуска различают схемы АПВ с пуском от релейной защиты и от несоответствия положений ключа управления и выключателя. Схемы АПВ в зависимости от конкретных условий могут существенно отличаться одна от другой, однако все они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- должны приходить в действие при аварийном отключении выключателя, находящегося в работе (иногда накладываются дополнительные требования для пуска АПВ, например, при наличии синхронизма после восстановления частоты и др.);

- не должны приходить в действие при оперативном отключении выключателя персоналом, а также в случаях, когда выключатель отключается релейной защитой сразу после его включения персоналом, т.е. при включении выключателя на устойчивое КЗ;

- должны обеспечивать заданную кратность действия; для обеспечения быстрой подачи напряжения потребителям и восстановления нормального режима работы время действия АПВ должно быть минимально возможным;

- должны автоматически обеспечивать готовность выключателя к новому действию.

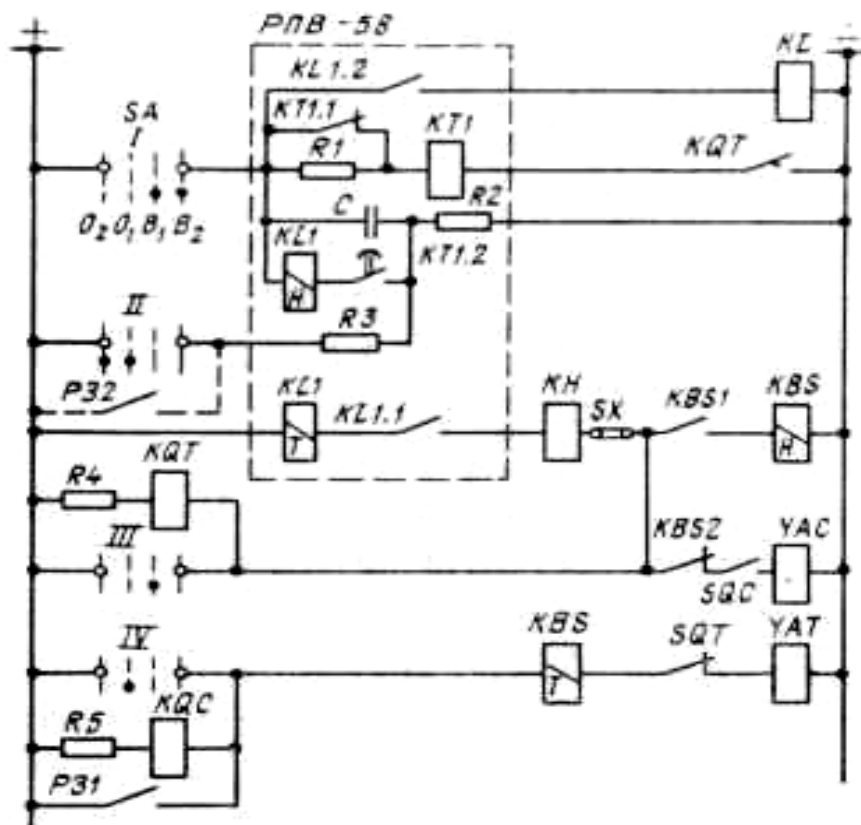


Рис. 3. Схема однократного АПВ линии с масляным выключателем и пуском от несоответствия положений ключа управления и выключателя

На рис. 3 приведена схема однократного АПВ линии с масляным выключателем, пуск которой производится от несоответствия положений ключа управления и выключателя. В рассматриваемой схеме дистанционное управление выключателем осуществляется ключом управления SA, у которого предусмотрена фиксация положения последней операции, т. е. после операции включения ключ в положении «Включено» (B2), а после операции отключения — в положении «Отключено» (O2).

Данная схема выполнена с помощью комплектных устройств типа РПВ-58, в которые входят: реле времени KT1 с добавочным резистором R1 для обеспечения термической стойкости обмотки реле; промежуточное реле KL1 с параллельной (обмотка напряжения) и последовательной (токовая обмотка) обмотками; конденсатор C, обеспечивающий однократность действия АПВ; зарядный R2 и разрядный R3 резисторы.

Когда выключатель включен и ключ управления находится в положении «Включено», к конденсатору C подводится «плюс» оперативного тока через контакты I ключа, а «минус» — через зарядный резистор R2. При этом конденсатор заряжен и схема АПВ находится в состоянии готовности к действию. При включенном выключателе реле положения выключателя

«Отключено» QKT , осуществляющее контроль исправности цепей включения, током не обтекается и контакт его цепи пуска АПВ разомкнут.

Пуск АПВ происходит при отключении выключателя релейной защитой $P31$ в результате возникновения несоответствия между положением ключа, которое не изменилось, и выключателя, который отключился и соответственно его блок-контакт SQC замкнулся, а SQT разомкнулся. Реле QKT , получив питание, срабатывает и подает оперативное напряжение на обмотку реле времени $KT1$, размыкается его мгновенный контакт $KT1.1$ и ток в обмотке реле времени уменьшается, что обеспечивает термическую стойкость реле при длительном прохождении тока.

С заданной выдержкой времени замыкается контакт $KT1.2$ и подключает обмотку напряжения реле $KL1$ к конденсатору C . Реле $KL1$ при этом срабатывает от тока разряда конденсатора и, самоудерживаясь с помощью токовой обмотки, включенной последовательно с обмоткой катушки включения YAC выключателя, подает импульс на включение выключателя. Благодаря токовой обмотке реле $KL1$ обеспечивается необходимая длительность импульса для надежного включения выключателя. Включившись, выключатель размыкает свой блок-контакт SQC , замыкает SQT , а реле QKT , $KL1$ и $KT1$ возвращаются в исходные положения.

Если повреждение на линии было неустойчивым, то после действия АПВ она остается в работе. Конденсатор C после размыкания контакта $KT1.2$ начинает заряжаться через зарядный резистор $R2$. Его сопротивление выбирается таким, чтобы время заряда составляло 20—25 с. Спустя указанное время схема АПВ будет автоматически подготовлена к новому действию. Если повреждение было устойчивым, то выключатель, включившись, вновь отключится защитой и реле QKT и QKC сработают. Однако реле $KL1$ повторно не срабатывает, так как конденсатор C был разряжен при первом действии АПВ и зарядиться еще не успел. Этим обеспечивается однократность действия АПВ при устойчивом к. з. на линии.

При оперативном отключении выключателя ключом управления SA несоответствия между положением ключа управления и выключателя не возникает и АПВ не действует, так как одновременно с подачей импульса на отключение выключателя контактами IV ключа размыкаются контакты I , чем снимается плюс оперативного тока со схемы АПВ. Одновременно со снятием оперативного тока контактами ISA замыкаются контакты II и конденсатор C разряжается через сопротивление $R3$. При оперативном включении выключателя ключом управления готовность АПВ к действию наступает после заряда конденсатора C (через 20—25 с). При необходимости вводится контакт $P32$, обеспечивающий запрет АПВ после действия определенных видов защит.

Для исключения многократного включения выключателя на устойчивое к.з. при залипании контактов реле $KL1$ в замкнутом состоянии в схеме

управления установлено специальное реле *KBS* с двумя обмотками — рабочей токовой и удерживающей напряженческой. Реле *KBS* срабатывает при прохождении тока по катушке электромагнита отключения *УАТ* и удерживается в сработавшем положении до снятия команды на включение. Если при этом контакты *KL1.1* замкнуты (в результате залипания), то реле *KBS* с помощью контакта *KBS1* становится на самоподпитку, а контактом *KBS2* исключает возможность многократных включений, размыкая цепь питания *УАС*. Накладка *SX* в схеме предназначена для вывода АПВ из действия, а реле *KL*—для ускорения действия релейной защиты после АПВ

Список литературы

1. Электрификация подземных горных работ. Щуцкий В.Н., Волощенко Н.И., Плащанский Л.А. М.: Недра, 1986. 364 с.
2. Электрификация горных работ. М.М. Белых, В.Т. Заика, Г.Г. Пивняк и др. М.: Недра, 1992. 383 с.
3. Электрификация открытых горных работ. Волотковский С.А., Щуцкий В.Н. и др. М.: Недра, 1987. 332 с.