

Метод раннего обнаружения дефектов в механизмах высоковольтных выключателей

Методическое пособие

Метод эффективен при периодических обследованиях оборудования и позволяет заблаговременно выявлять зарождающиеся дефекты, что создает предпосылки перехода от плановых ремонтов к ремонтам по необходимости.

Содержание

1. Введение	3
2. Метод раннего обнаружения дефектов в механизмах высоковольтных выключателей	5
2.1 Аппаратура для регистрации процессов	5
2.2. Основные положения метода.....	7
2.3. Примеры анализа графиков.....	9
2.4. Технология применения метода	20
3. Руководство по подбору пульта к прибору ПКВ и выключателям	21
4. Литература.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	25
Прибор контроля высоковольтных выключателей ПКВ/М6Н	25
Прибор контроля выключателей ПКВ/М7	26
Универсальный прибор контроля выключателей ПКВ/УЗ	28
Пульт управления выключателем ПУВ-10.....	30
Прибор контроля выключателей ПКВ-35	32
Пульт управления выключателем ПУВ-50.....	33
Промышленный микроомметр МИКО-1	34
Микромиликилоомметры МИКО-2.2 и МИКО-2.3	36
Сравнительная характеристика приборов группы ПКВ	40
Сравнительная характеристика приборов группы ПУВ	43

1. Введение

По данным [1] около 80% всех отказов и неисправностей выключателей происходит из-за механических дефектов. Определенная часть этих отказов вызвана дефектами в механизме выключателя, выполняющего функцию преобразования энергии привода в поступательное движение контактов. Такой механизм имеется в любом выключателе, поэтому предлагаемые аппаратура и метод равно применимы ко всем видам выключателей: воздушным, вакуумным, масляным и элегазовым. Но наибольшую актуальность они представляют для масляных выключателей по следующим причинам:

- механизмы масляных выключателей являются одними из наиболее сложных;
- масляные выключатели наиболее многочисленны и, несмотря на ведущееся техническое перевооружение, пройдет немало лет, пока будет демонтирован последний из них;
- большинство эксплуатируемых масляных выключателей выработало свой ресурс.

Известно, что в выключателях с большим сроком эксплуатации увеличивается чувствительность к факторам износа, что приводит к увеличению скорости развития дефектов. Поэтому сложившаяся за многие годы система технического и ремонтного обслуживания с четкой регламентацией сроков и типов плановых ремонтов не в состоянии обеспечить надежную работу такого оборудования. Изношенный выключатель после очередного ремонта может просто «не дотянуть» до следующего по плану. За рубежом достаточно давно и успешно применяется непрерывный контроль технического состояния выключателей под рабочим напряжением (мониторинг). Это позволяет своевременно получать информацию о возникающих неисправностях и благодаря этому перейти от плановых ремонтов к ремонтам по необходимости. Но нужно принимать во внимание, что такие системы требуют достаточно больших затрат и оправданы только для ответственных объектов, например для выключателей системообразующих подстанций и т. п.

Учитывая указанные обстоятельства, все большее число предприятий стало применять и развивать способы получения информации о техническом состоянии выключателей путем проведения

периодических обследований [2]. Особенностью таких обследований являются сравнительно небольшие интервалы между ними и комплексный характер. Комплексность заключается в разнообразии методов и средств контроля для получения необходимой информации. Для повышения же экономической эффективности обследований следует отдавать предпочтение методам и средствам контроля, позволяющим:

2. Получать информацию без вывода выключателей из эксплуатации, например, тепловизионным методам контроля качества переходных сопротивлений контактов, контроля диэлектрических характеристик маслonaполненных вводов под высоким напряжением и др.;
3. Получать информацию без разбора выключателей типа слива масла, отсоединения шунтирующих резисторов и пр. Примером может служить безразборный контроль в динамике характеристик времени, хода и скорости посредством приборов ПКВ/М6Н и ПКВ/М7Н[3];
4. Охватывать контролем сразу несколько узлов выключателя либо контролировать несколько характеристик узла (универсальные методы);
5. Распознавать неисправности на ранней стадии развития;
6. Получать обобщенные оценки технического состояния, например остаточного коммутационного или механического ресурса.

Какое-то время представлялось, что одним из многообещающих методов является метод вибрационного контроля, основанный на регистрации и анализе вибраций, возникающих в выключателе в моменты пуска [4]. Распространению такого мнения способствовали впечатляющие успехи вибрационной диагностики вращающихся машин: двигателей, генераторов, вентиляторов. Успехи определялись в первую очередь тем, что в результате большого объема экспериментальных исследований для различных неисправностей конкретных типов машин были найдены четкие диагностические признаки в регистрируемых вибрациях. В случае же с вибродиагностикой выключателей такая работа не проводилась, что и не удивительно, принимая во внимание число типов выключателей и многообразие их неисправностей. Были созданы лишь приборы для регистрации вибраций и предложен некоторый математический аппарат для определения критериев, с некоторой степенью вероятности характеризующих обобщенное механическое состояние (ресурс)

выключателя. Недостатком такого подхода является трудность проверки достоверности критериев независимым способом и низкая чувствительность к дефектам отдельных элементов и узлов выключателя.

Рассматриваемый ниже метод заключается в регистрации процесса перемещения одного из элементов механизма: подвижного контакта, траверсы, вала привода и других, при пусках выключателя и сопоставлении полученного графика с графиком полностью исправного выключателя.

Принципиальное отличие этого метода от предыдущего заключается в том, что, если при вибродиагностике необходимая информация получается косвенным путем по вибрациям, сопровождающим механический процесс, то в данном случае она извлекается из самого механического процесса непосредственно. Очевидно, что во втором случае и объем полезной информации будет выше, а искажения посторонними факторами меньше (при вибродиагностике даже материал фундамента выключателя: сталь или бетон - может изменить спектр вибрации), и интерпретация результатов проще и достовернее.

2. Метод раннего обнаружения дефектов в механизмах высоковольтных выключателей

2.1 Аппаратура для регистрации процессов

Регистрацию механических процессов удобно проводить упомянутым выше прибором ПКВ/М6Н, но ПКВ/М7Н может оказаться предпочтительнее, так как позволяет запоминать в энергонезависимой памяти до 63-х графиков с возможностью последующего ввода в компьютер для обработки и архивирования. В ПКВ/М6Н график сразу печатается на встроенном термопринтере, поэтому архивирование возможно только на бумажном носителе без какой-либо обработки. Оба прибора позволяют измерять следующие характеристики выключателей: временные по трем полюсам, скоростные и хода и отображать их в виде двух таблиц цифровых значений на дисплее либо распечатывать на встроенном принтере. Эти таблицы соответствуют набору паспортных параметров, регламентируемых заводскими инструкциями на выключатели.

Последняя разработка - универсальный прибор ПКВ/УЗ на все виды выключателей - содержит в своем составе портативный компьютер типа Ноутбук. Прибор имеет все преимущества, обуславливаемые наличием компьютера. Особенно полезной при использовании метода является возможность хранения в компьютере банка графиков механических процессов исправных и неисправных выключателей. Это позволяет оперативно выводить на дисплей эталонный график и сравнивать путем наложения с полученным графиком проверяемого выключателя.

В комплекте приборов имеются прецизионные цифровые датчики перемещения с высоким разрешением: линейного перемещения - ДП12 на диапазон 0 - 1000 мм и разрешением в 0,5 мм и углового перемещения - ДП21 на диапазон 0 - 360 угловых градусов и разрешением в 0,09 углового градуса . Прибор позволяет получать три вида графика: $V = F (t)$, $S = F (t)$, $V = F (S)$, где V - скорость движения, S - ход, t - время. Время регистрируется через каждые 100 мкс, а скорость вычисляется с погрешностью не более 4 %. Датчики рассчитаны на закрепление в местах, изначально предусмотренных под установку приспособлений для измерения скоростных характеристик: вибрографа с линейкой для выключателей типа У-220, МКП-220, С-35 и других или вибрографа с сектором для выключателей типа ВМТ, ВК и пр. Таким образом, датчик линейного перемещения крепится на выключателях первого списка к держателю штанги с траверсой через отверстие для верхнего упора или буфера, а датчик углового перемещения - на остальные выключатели - к вылету вала привода. При использовании датчика углового перемещения значения углового движения вала привода пересчитываются процессором прибора в линейное перемещение подвижного контакта по кинематической схеме выключателя, хранящейся в постоянной памяти.

Типичное применение рассмотренной аппаратуры и аналогичной ей - контроль состояния выключателя путем сравнения нескольких измеренных характеристик выключателя с их паспортными значениями.

Но такое точечное представление механического процесса является чрезвычайно упрощенным и скудным и дает лишь общее представление о пригодности либо непригодности выключателя к дальнейшей эксплуатации без проведения ремонта. В то же время полный график зарегистрированного процесса содержит информацию о

техническом состоянии многих отдельных элементов и узлов механизмов выключателя и отбрасывание этой информации есть не что иное, как чистой воды расточительство. Еще больше ценность графической информации возрастает благодаря замечательной способности человеческого мозга обрабатывать ее во много раз быстрее, чем цифровую, и выносить качественные (нормально - ненормально) оценки, руководствуясь даже незначительным отклонением формы графика от стандартной, что и требуется для обнаружения зарождающегося дефекта.

2.2. Основные положения метода

- Механизм выключателя можно представить в виде кинематической цепи, составленной из отдельных звеньев (привода, рычагов, тяг, траверсы и пр.), соединенных последовательно или параллельно через жесткие связи. Так что фактически регистрируемый график движения подвижного контакта определяется взаимодействием всех составляющих механизма и изменение параметров (дефект) взаимодействия хотя бы одного элемента (увеличение люфта, ослабление пружины, повышение трения скольжения) сразу же сказывается на результирующем графике. Показательным исключением является механизм выключателя типа ВМТ, где использованы гибкие связи - полиспасты. Регистрируемый график процесса - сплошные пики и провалы - практически не поддается анализу.

- У части звеньев (например, демпферов, дугогасительных устройств с неподвижными контактами и др.) нет постоянной жесткой связи с остальным механизмом, но благодаря обратной реакции на их взаимодействие состояние этих звеньев также отражается на графике процесса.

- На основании изложенного в предыдущих пунктах можно утверждать, что к месту установки датчика перемещения в кинематической цепи механизма не предъявляются жесткие требования. Датчик линейного перемещения воспринимает информацию о процессе на выходе кинематической цепи, а датчик углового перемещения - на ее входе, а уж потом она преобразуется по передаточной функции цепи на ее выход. Однако благодаря жестким связям в механизме это не приводит к каким-то принципиальным отличиям в графиках, разве что погрешность при использовании

пересчета углового перемещения в линейное будет несколько выше из-за допусков на точность изготовления, а также из-за увеличения люфтов в сочленениях в процессе эксплуатации.

- Обычно в качестве координаты, применяемой при регулировке механизма выключателя и оценке его работы, используют ход траверсы или подвижного контакта. По этой координате также можно представить всю работу механизма выключателя и взаимодействие его частей. Более того, развертка по ходу приводит к одному и тому же масштабу графиков разных экземпляров выключателей одного и того же типа, что упрощает их сравнение с эталоном - графиком исправного выключателя. Поэтому использование координаты хода при анализе более предпочтительно. Однако некоторые дефекты нагляднее проявляются на графике, развернутом по времени, а не по ходу. Особенно полезна развертка графика по времени при определении виновников завышенных времен включения либо отключения и при анализе нарушений синхронности работы звеньев механизма. В таких случаях необходимо просмотреть оба графика.

- Учитывая, что взаимодействие частей механизма сильно влияет на скорости их движения, анализировать нужно скоростную характеристику как функцию скорости от хода или от времени. При этом по координате «ход» или «время» определяют моменты начала или окончания взаимодействия, а по координате «скорость» - его величину.

- Взаимодействия различных звеньев зачастую ограничены отдельными участками процесса (отключающая пружина передает энергию в начале процесса, демпфер вступает в действие в конце и т.д.). Поэтому на основании знания конструкции выключателя можно весь график разделить на участки, где в наибольшей степени проявляется влияние конкретных звеньев, что позволит локализовать и идентифицировать обнаруженные дефекты.

- В операциях «О» и «В» меняется состав взаимодействующих звеньев, порядок их взаимодействия и др. И дефекты звеньев также по-разному проявляются в этих операциях, что обуславливает необходимость регистрации и анализа графиков для процессов включения и отключения.

- Наибольшую сложность для анализа представляет случай наложения во времени влияния нескольких звеньев, так что неясно, какое из них дефектное. Здесь возможны различные приемы. Если

звенья имеют различные характеристики, то их взаимно маскирующее действие возможно лишь на ограниченном участке хода. Если звенья идентичны и включены параллельно в кинематическую цепь, как, например, три полюса выключателя, то в этом случае можно отталкиваться от положения, что основное условие их правильного функционирования заключается в синхронности их работы. И несинхронность работы одного из полюсов тут же проявится на графике, полученном на другом полюсе. Если пойти на дополнительные временные затраты и получить графики для всех трех или хотя бы двух полюсов, то их наложение позволит значительно более уверенно определить дефектное звено.

2.3. Примеры анализа графиков

Иллюстрацию метода проведем на масляном выключателе МКП-110М. На приведенных ниже графиках изображены скоростные характеристики и осциллограммы замыкания - размыкания контактов по полюсам *A*, *B*, *C*.

Пример 1.

На графике процесса можно выделить пять характерных участков, отмеченных стрелками с буквами: от начала движения до точки *b* - участок *ab*; участки *bc*; *cd*; *de* и *ef*. Если бы использовалась развертка по времени, то на графике присутствовал бы еще один участок: от момента подачи командного импульса до начала движения - участок *0a* (участок хорошо виден на рис. 7).

Процессы, происходящие на отдельных участках:

Участок *0a*. Запуск и отработка команды «отключение» приводом. Этот участок следует анализировать на графике с разверткой по времени. В точке *a* отработка команды приводом заканчивается.

Участок *ab*. Разгон штанги с траверсой за счет действия пружин контактов, пружин дугогасительных устройств и отключающих пружин. Размыкание контактов в точке *b*.

Участок *bc*. Прекратили действовать пружины контактов, и дальнейший разгон штанги с траверсой происходит за счет действия пружин дугогасительных устройств и отключающих пружин.

Участок *cd*. Прекратили действовать пружины, и дальнейшее движение штанги с траверсой происходит за счет инерции и действия силы тяжести.

Участок *de* . В действие вступает масляный буфер, который гасит скорость штанги с траверсой.

Участок *ef* . Продолжается действие масляного буфера. Штанга с траверсой под действием силы тяжести медленно движется до останова в точке *f* .

По приведенному графику скорости можно оценить работу пружин контактов, пружин дугогасительных устройств, отключающих пружин, отсутствие затираний в направляющем устройстве, работу масляного буфера. Кроме того, зная ход штанги с траверсой от точки *d* до останова (86 мм на приведенном графике), соответствующий работе масляного буфера, и зная, что соотношение плеч коромысла для центра оси крепления штанги и точки касания штока масляного буфера составляет приблизительно 2 к 1, можно сказать, что ход штока масляного буфера составляет приблизительно половину хода штанги с траверсой на этом участке (43 мм).

Пример 2.

На графике рис. 2 можно выделить пять участков. Процессы, происходящие на них, следующие:

Участок *oa* . Задержка срабатывания привода. Этот участок следует анализировать на графике с разверткой по времени.

Участок *ab* . Разгон штанги с траверсой за счет действия электромагнитного привода.

Участок *bc* . В точке *b* происходит соприкосновение подвижных контактов с нижними контактами дугогасительных устройств. Скорость резко падает из-за увеличения массы движущихся частей

Участок *cd* . Продолжается разгон траверсы электромагнитным приводом, но траверса уже движется вместе со штангами с подвижными контактами дугогасительных устройств.

Участок *de* . На этом участке прекращает работу электромагнитный привод. Происходит сжатие отключающих пружин, пружин дугогасительных устройств и пружин контактов. В точке *e* штанга с траверсой останавливается.

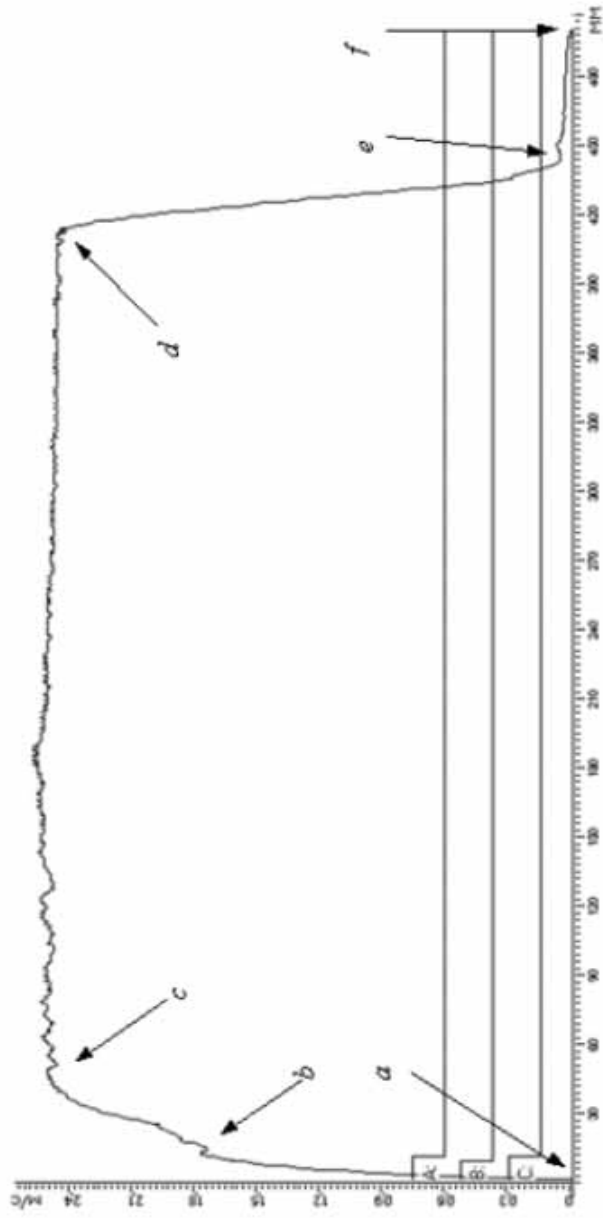


Рис. 1. График процесса отклонения вспянутого вольфрама.

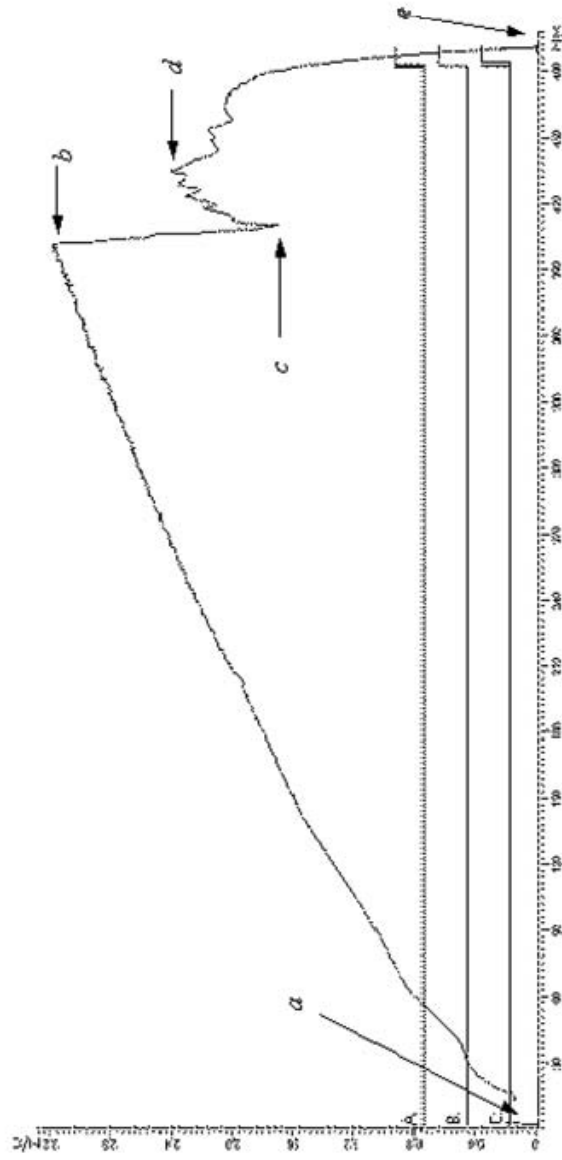


Рис. 2. Графік процесу вилучення із пружного вилучача.

Пример 3.

Как видно из приведенного графика (рис. 3), у выключателей с неработающим масляным буфером происходят резкие удары коромысла о буфер и штанга с траверсой совершает многократные возвратные движения до остановки (участок *df* исправного выключателя (рис. 1) выродился в спираль 1 - 2).

Пример 4.

График, приведенный на рис. 4, отличается от графика работы исправного выключателя тем, что скорость движения траверсы, начиная с точки 1, снижается, что не наблюдается у исправного выключателя. Еще более заметно неисправность проявляется в том, что полностью отсутствует медленное движение траверсы на участке работы масляного буфера (участок *ef* выродился в точку 2). А если рассмотреть процесс включения этого же выключателя, приведенный на рис. 5, то наличие затираний штанги с траверсой становится совершенно очевидным. Причем по координате «ход» можно даже выделить участки хода штанги с траверсой, на которых затирание и происходит (1 и 2).

Пример 5.

Если сравнить график, приведенный на рис. 6, с графиком работы исправного выключателя (рис. 1), то сразу видно, что кривая скорости на этом графике сильно отличается от кривой скорости исправного выключателя. На графике наблюдается снижение скорости на участке 1 - 2 и ее возрастание на участке 3 - 4, что не может быть объяснено с точки зрения работы исправного механизма выключателя. Особенно возрастание скорости на участке 3 - 4. Рассмотрение аналогичных графиков работы остальных полюсов этого выключателя показывает их отличие от графиков работы исправного выключателя, но не позволяет объяснить причину такого поведения выключателя. Если же рассмотреть работу полюсов *B* и *C* этого выключателя на одном графике (провести наложение графиков) с разверткой по времени, то причина такого поведения выключателя становится очевидной.

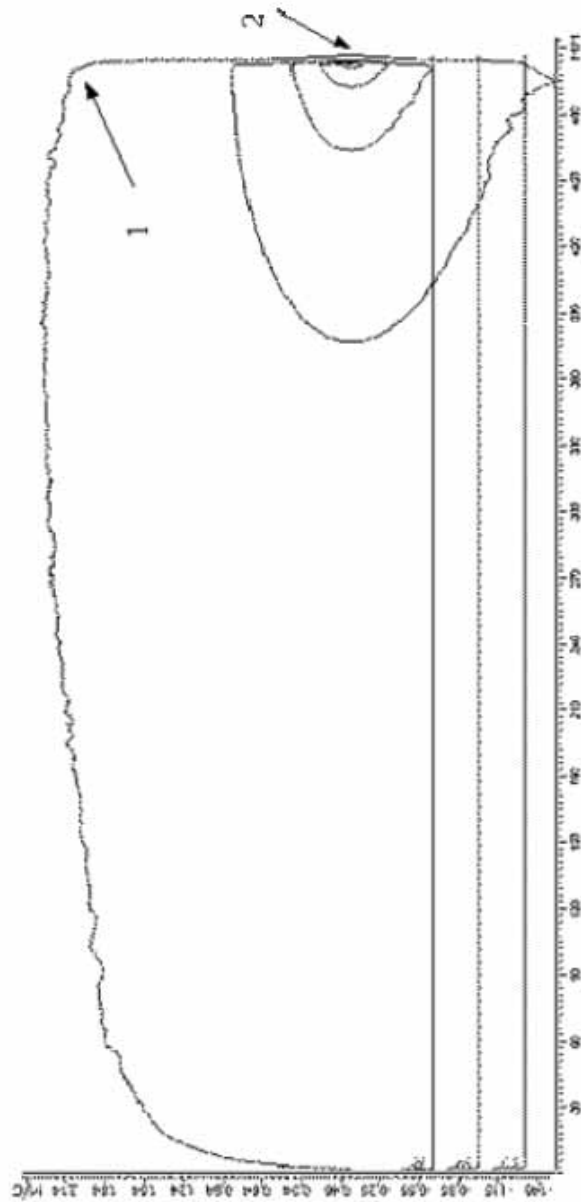


Рис. 3. Графік процесу отліскового висловачення с коректуючою маслинне буфером

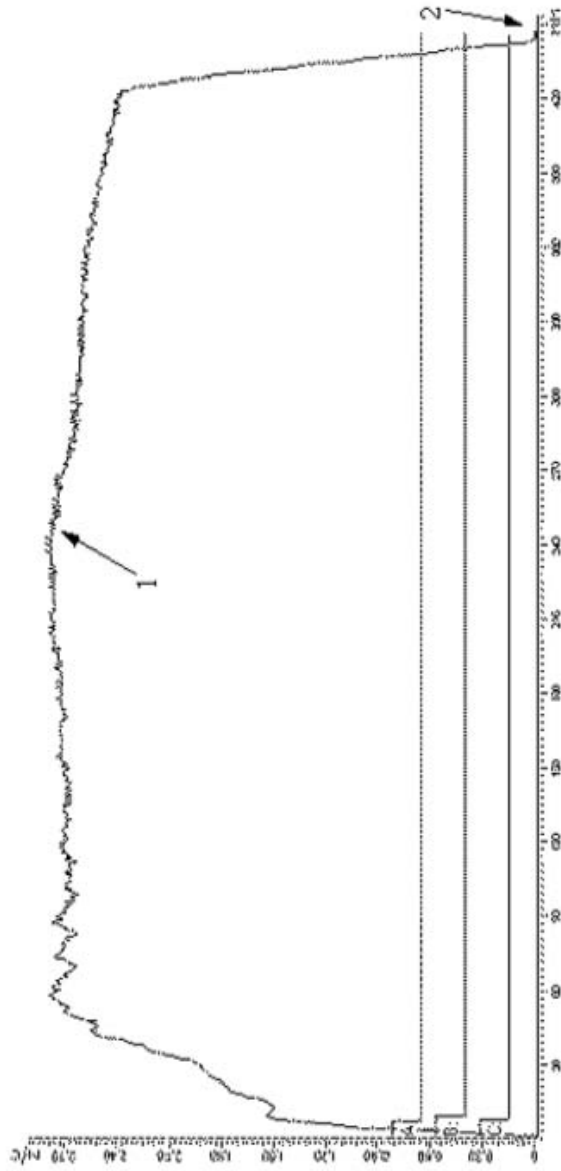


Рис. 4 График процесса отклонения выключателя с сильно инерционным процессом
напряжения устройства

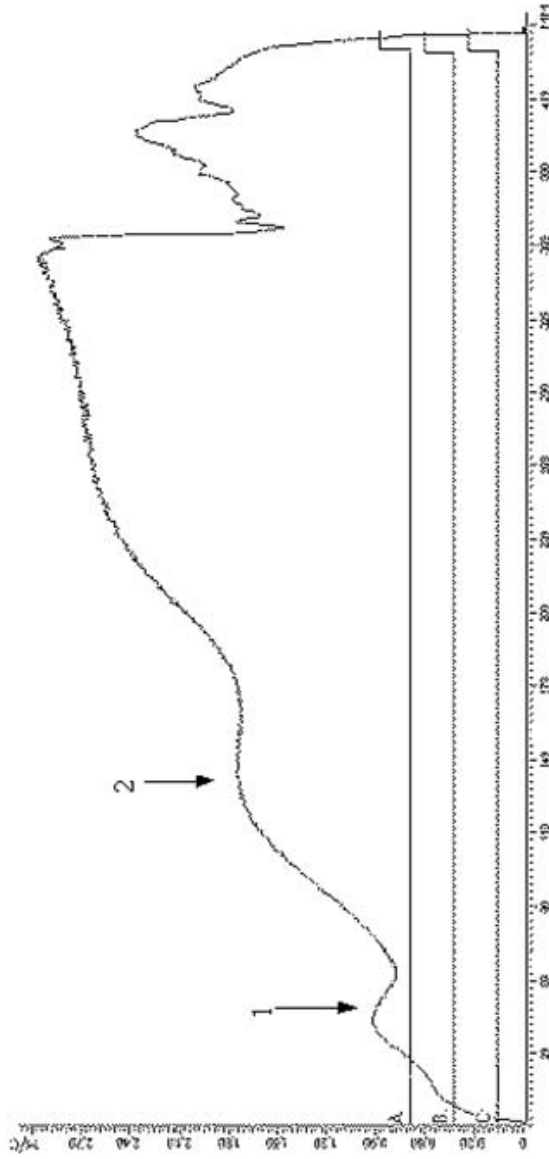


Рис. 5. Профиль процесса включения в милливольтметр с сильно индуктивной нагрузкой устройства

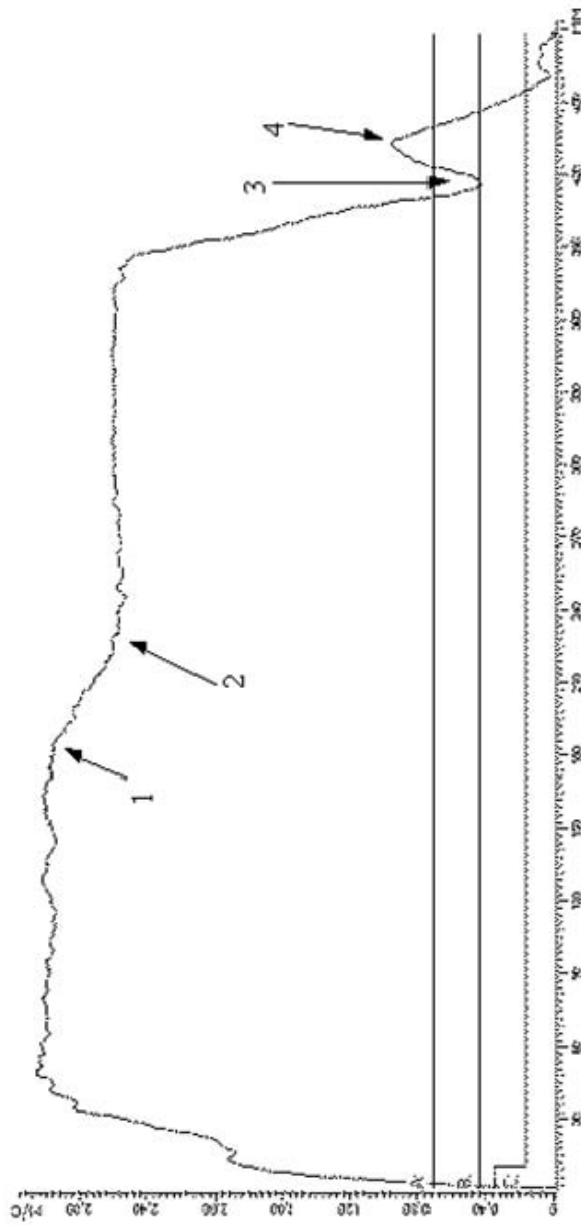


Рис. 6. График процесса отлучения полосы B выключателем с большим люфтом между полюсами.

Пример 6.

Графики, приведенные на рис. 7, свидетельствуют о том, что штанги с траверсами двух полюсов выключателя с общим приводом двигаются с сильно отличающимися скоростями. Такое возможно только при наличии больших люфтов между полюсами.

Люфты между полюсами объясняют и такой характер изменения скорости. После начала движения из-за плохого состояния дугогасительного устройства или отключающих пружин штанга с траверсой полюса *C* двигается с более медленной скоростью, чем штанга с траверсой полюса *B*. В это время выбирается люфт между полюсами. К моменту времени точки 1 люфт между полюсами оказывается весь выбранным. Происходит взаимодействие движущихся масс. Одна штанга с траверсой получает ускоряющий импульс, а другая тормозящий. Начиная с этого момента времени происходит соответствующее изменение скоростей движения траверс. И к моменту времени точки 2 скорости движения штанг с траверсами стабилизируются, но опять оказываются разными. Теперь штанга полюса *C* движется быстрее штанги полюса *B*. Люфт выбирается в другую сторону. В момент времени точки 3 штанга с траверсой полюса *B* начинает тормозиться масляным буфером. А штанга полюса *C* еще двигается со значительной скоростью. В момент времени точки 4 люфт оказывается весь выбранным. Происходит взаимодействие движущихся масс. Штанга с траверсой полюса *C* получает тормозящий импульс, а штанга с траверсой полюса *B* - ускоряющий. Это объясняет всплеск скорости на участке торможения у полюса *B* и наличие зубцов из-за интенсивного воздействия на участке торможения у полюса *C*.

На рис. 7 хорошо виден участок *0a* - от момента подачи команды до начала движения. В течение этого интервала времени происходит отработка команды «отключение» приводом. В точке *a* отработка команды приводом заканчивается. По длительности этого временного интервала можно, например, определить «виновника» затягивания собственного времени отключения выключателя. Если этот интервал превышает определенную величину (найденную по графикам работы исправных выключателей), то процесс отключения затягивает привод. Если интервал не превышает этой величины, то привод отработывает команду нормально и для выяснения причины затягивания процесса необходимо анализировать скоростные характеристики выключателя.

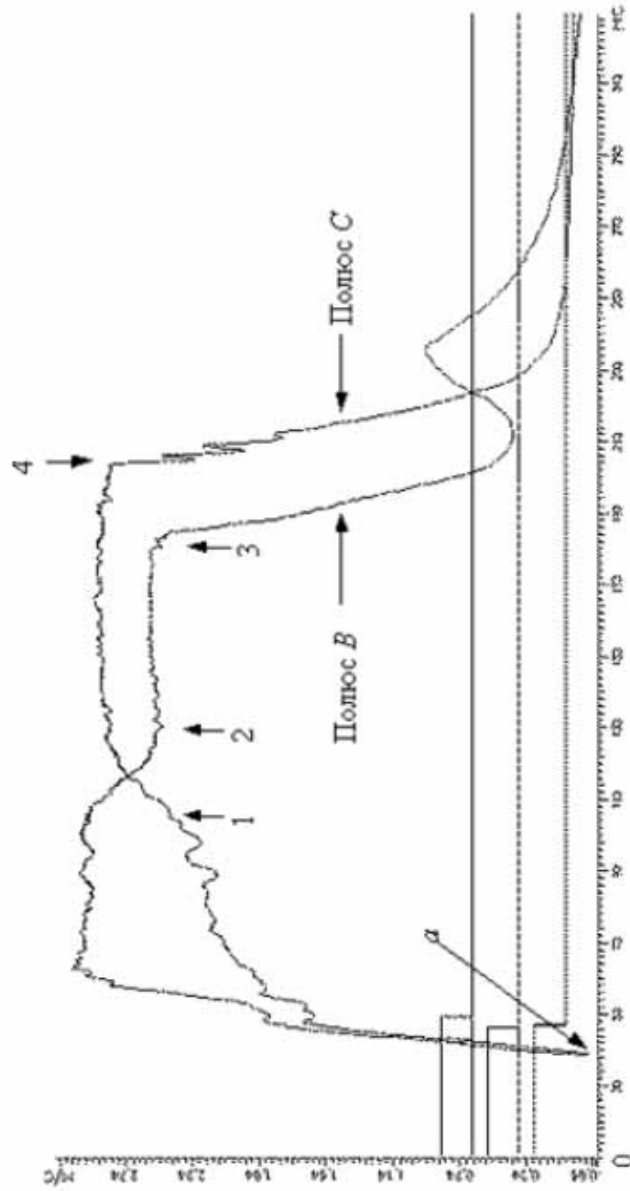


Рис 7. Изменение гребневых процессов отпущения, развернутый во времени, двух полосовых выключателей.

2.4. Технология применения метода

- Снять с выключателя высокое напряжение.
- Установить датчик, присоединить пять кабелей от прибора, включить питание прибора и произвести два пуска выключателя в операциях «В» и «О» (временные затраты - 10...30 мин.).
- Сравнить измеренные и паспортные значения скоростных и временных характеристик. Существенное их расхождение укажет на наличие неисправности, но если расхождение отсутствует, то это может означать либо исправность выключателя, либо просто раннюю стадию развития дефекта, которая еще не привела к значительным изменениям величин характеристик.
- Провести анализ графиков. Анализ существенно упростится при наличии банка графиков и в нем - графика исправного выключателя этого же типа. И необходимость в анализе вообще отпадет, если в банке озыщутся графики, идентичные полученным.
- Если были обнаружены дефекты в механизме и по результатам обследования произведен ремонт с их устранением, то нужно и полезно операцию контроля провести вторично. Это необходимо для определения качества ремонта, а оба графика - с дефектами и без них - пополнят банк графиков для последующего использования.

2.5. Выводы

- В соответствии с приведенной выше классификацией методов контроля, наиболее пригодных для целей обследования, рассмотренный метод можно отнести к группам 2, 3 и 4;
- метод не требует разборки, даже частичной, выключателя;
- он позволяет контролировать одновременно несколько узлов;
- метод обладает высокой чувствительностью и позволяет распознавать даже небольшие дефекты в узлах механизма выключателя, которые не только не привели к его отказу, но даже еще не проявились в измеренных согласно инструкциям значениях скоростных характеристик.
- Метод прост в применении, нагляден и легко поддается проверке. Для его освоения не требуется каких-то специальных знаний. Достаточно знаний о конструкции выключателя (кинематической

схемы механизма) и понимания физического смысла взаимодействия его составляющих.

- Метод и аппаратура одинаково применимы не только к масляным, но и любым другим выключателям. Но для масляных выключателей проблема диагностирования механизма является наиболее острой.

- Применение метода еще более упрощается при наличии банка графиков исправных и неисправных выключателей. Такой банк в настоящее время создается совместными усилиями специалистов предприятий, имеющих уже вышеназванные приборы контроля и СКБ ЭП.

3. Руководство по подбору пульта к прибору ПКВ и выключателям

А. Что это такое: пульта управления и для чего они нужны?

Пульты управления – это устройства, запитываемые входным напряжением от сети постоянного или переменного тока и автоматически коммутирующие это напряжение на выходы «Включение» и «Отключение» в заданной последовательности и на заданные промежутки времени по внешней команде «Пуск».

Требуемые последовательности командных импульсов на выходах задаются органами управления пульта из следующего набора:

- а) простые операции «В» или «О»;
- б) сложные циклы О-Тбт-В; В-Тзо-О; О-Тбт-В-Тзо-О, где Тбт – бестоковая пауза, а Тзо – задержка отключения (в частном случае Тбт=О и Тзо=О). Времена импульсов В, О, Тбт и Тзо также могут задаваться пользователем. В некоторых пультах предусматривается регулировка величины выходного напряжения вручную, либо автоматически по программе.

Пульты применяются при контроле технического состояния выключателей для управления их пуском в соответствии с заданной операцией или циклом. Они позволяют проводить контроль приборами серии ПКВ наилучшим образом, в динамике, когда наиболее наглядно проявляются все характеристики, а также явные и скрытые дефекты выключателей.

Б. Подбор пульта управления

1. **К прибору ПКВ/М5Н** (имеется встроенный пульт на операции «О» и «В» и ток 10А):
 - 1.1 Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики выключателей, то необходим:
 - а) ПУВ-50 – для вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока больше 10А, но меньше 50А.
 - 1.2. Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, а также контролируете выключатели в сложных циклах, то необходим:
 - а) ПУВ-10 – для всех масляных и части вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного или переменного тока до 10А;
 - б) ПУВ-50 – для вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока больше 10А, но меньше 50А.
 - 1.3. Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, контролируете выключатели в сложных циклах, а также испытываете их при пониженном напряжении и измеряете минимальное напряжение срабатывания, то необходим:
 - а) ПКВ-35 – для выключателей с приводами постоянного тока до 35А.
2. **К прибору ПКВ/М6Н** (встроенный пульт отсутствует):
 - 2.1. Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики выключателей, то необходим:
 - а) ПУВ-10 – для всех масляных и части вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного или переменного тока до 10А;
 - б) ПУВ-50 – для масляных, вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока до 50А.
 - 2.2. Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, а также контролируете выключатели в сложных циклах, то необходим:
 - а) ПУВ-10 или ПУВ-50 – в зависимости от типа выключателей.
 - 2.3. Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, контролируете выключатели в сложных циклах, а также испытываете их при пониженном напряжении и измеряете минимальное напряжение срабатывания, то необходим:

- а) ПКВ-35 – для выключателей с приводами постоянного тока до 35А.
3. **К прибору ПКВ/М7** (имеется встроенный пульт на 10А постоянного или переменного тока):
- 3.1. *Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики выключателей, то необходим:*
- а) ни какого пульта не надо для всех масляных и части вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного или переменного тока до 10А;
- б) ПУВ-50 – для вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока больше 10А, но меньше 50А.
- 3.2. *Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, а также контролируете выключатели в сложных циклах, то необходим:*
- а) ПУВ-50 – для вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока больше 10А, но меньше 50А.
- 3.3. *Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, контролируете выключатели в сложных циклах, а также испытываете их при пониженном напряжении и измеряете минимальное напряжение срабатывания, то необходим:*
- а) ПКВ-35 – для масляных, вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока до 35А.
4. **К прибору ПКВ/УЗ** (имеется встроенный пульт на 35А постоянного или переменного тока):
- 4.1. *Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики выключателей, то необходим:*
- а) ни какого пульта не надо для всех масляных и части вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного или переменного тока до 35А;
- б) ПУВ-50 – для вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока больше 35А, но меньше 50А.
- 4.2. *Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, а также контролируете выключатели в сложных циклах, то необходим:*
- а) ПУВ-50 – для вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока больше 35А, но меньше 50А.
- 4.3. *Если Вы измеряете временные и скоростные характеристики, контролируете выключатели в сложных циклах, а также*

испытываете их при пониженном напряжении и измеряете минимальное напряжение срабатывания, то необходим:

- а) ПКВ-35 – для масляных, воздушных, вакуумных и элегазовых выключателей с приводами постоянного тока до 35А.

4. Литература

1. Бронштейн А.М., Козлов В.Б. Современное состояние и тенденции развития выключателей высокого напряжения. - Электричество. - 1987. - N 11.
2. Петрищев Л.С., Осотов В.Н., Константинов А.Г. Диагностика силового электротехнического оборудования в Свердловэнерго. - Электрические станции. - 1992. - N 5.
3. Чернышев Н.А. Приборы контроля высоковольтных выключателей ПКВ/М5А и ПКВ/М6. - Энергетик. - 2003. - N 11.
4. Белкин Г.С., Шилин Н.В. Выключатели высокого напряжения. - Электричество. - 1989. - N 8.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Прибор контроля высоковольтных выключателей ПКВ/М6Н



Прибор предназначен для безразборного контроля масляных, вакуумных и элегазовых выключателей всех типов и классов напряжений, имеющих от одного до трех разрывов на полюс.

Контроль производится на выключателе, отсоединенном от высокого напряжения, путем измерения следующих характеристик:

- Временных с погрешностью не более $\pm 0,1$ мс;
- Скоростных в диапазоне $0,002 \div 20$ м/с для масляных и элегазовых выключателей. Максимальная погрешность измерения скорости не превышает ± 4 %;
- Характеристики хода с разрешением $0,5$ мм для масляных и элегазовых выключателей.

Характеристики хода и скоростные характеристики контролируются с помощью датчиков углового (ДП21) или линейного (ДП12) перемещений.

Временные характеристики контролируются как в простых операциях "О" и "В", так и в сложных циклах. Прибор автоматически распознает вид сложного цикла и измеряет характеристики как цикла в целом, так и составляющих его простых операций. Кроме того, в простых операциях прибор определяет длительность командных импульсов.

Измеренные и вычисленные характеристики распечатываются встроенным термопринтером в табличном и графическом виде.

В комплект прибора входит кейс для его переноски, укладочный ящик с датчиками перемещения, крепежными приспособлениями, кабелями и эксплуатационная документация.

ПКВ/М6Н допускает эксплуатацию при температуре $-20 \div +50^\circ\text{C}$. Габариты прибора: $210 \times 235 \times 75$ мм, вес $2,5$ кг. Вес укладочного ящика в полной комплектации 7 кг.

Прибор контроля выключателей ПКВ/М7



Прибор предназначен для безразборного контроля масляных, элегазовых, вакуумных и электромагнитных выключателей, имеющих до 4-х разрывов на полюс. Введены каналы регистрации в реальном времени **токов** и **напряжений электромагнитов** управления выключателем, обеспечивающие не только более полный контроль характеристик привода выключателей, но и регистрацию **просадок напряжения** в сети гарантированного электропитания. Для контроля

токов соленоидов включения выключателей с электромагнитным приводом добавлен вход для подключения токовых клещей.

Прибор оснащен универсальным **аналоговым входом** для регистрации напряжения или сопротивления в реальном времени. К нему может быть подключен штатный **резистивный датчик** элегазового выключателя, что, в совокупности с имеющимися в комплекте прибора инкрементными датчиками линейного и углового перемещения ДП12 и ДП21, позволяет снимать скоростные характеристики для всех типов выключателей согласно заводским требованиям.

Силовой коммутатор прибора обладает характеристиками **пульта управления выключателем** – можно задавать выполнение простых операций «Включение» (В), «Отключение» (О) или сложных циклов «В-Тзо-О», «О-Тбк-В», «О-Тбк-В-Тзо-О» и регулировать длительность командных импульсов и пауз между ними. Корпус изготовлен из ударопрочного полимерного материала в форме герметически закрывающегося кейса.

Все характеристики выключателя: временные, скоростные, хода, тока, напряжения – измеряются в динамике, при его включении и выключении. Результаты измерений можно просматривать на экране индикатора в табличном и графическом виде, сохранять в энергонезависимой памяти, выдавать на принтер или передавать в компьютер через порты LPT, RS-232C и Ethernet. При работе с графиками наличие двух курсоров делает не нужными промежуточные вычисления при проведении курсорных измерений. Встроенные часы с

календарем позволяют надежно идентифицировать зарегистрированные записи по дате и времени проведения измерения.

Вышеперечисленные функции, достигаемые при автономной работе прибора, существенно расширяются благодаря возможности передачи сохраненных данных в персональный компьютер и использования на персональном компьютере специального программного обеспечения для дополнительной обработки и ведения базы данных.

В базе данных сохраняются не только записи зарегистрированных процессов, но и распечатанные протоколы результатов измерений. Для формирования протоколов предусмотрен встроенный редактор. В протокол можно ввести заголовки и комментарии, паспортные значения параметров, результаты ручных измерений, результаты текущего и предыдущих измерений. Это делает значительно более наглядным отслеживание истории изменения эксплуатационных характеристик выключателей, сравнения характеристик разных экземпляров однотипных выключателей или проверки стабильности работы выключателя. Предусмотрено сохранение формы протокола для дальнейших применений.

Технические характеристики

Диапазон измерения временных характеристик, с.....	0,001-5,2
Погрешность измерения временных характеристик, мс.....	$\pm 0,1$
Диапазон измерения скорости, м/с.....	0,002-20
Погрешность измерения скорости в диапазоне 0-10 м/с, %.....	≤ 2
Диапазон измерения хода, мм.....	0,5-900
Погрешность измерения хода с датчиком ДП12, мм.....	± 1
Порог срабатывания защиты силового коммутатора при превышении тока, А.....	15-20
Диапазон измерения тока, А.....	± 14
Диапазон измерения токовых клещей, А.....	0- 350
Диапазон измерения напряжения (ампл. значение), В..	± 350
Диапазоны измерения сопротивления резистивного датчика, Ом.....	0-160 или 0-2500
Температурный диапазон эксплуатации, °С.....	-15 +40
Габариты (длина*ширина*высота), мм.....	360*290*165

Масса не более, кг.....7

Прибор может работать как автономно, так и совместно с компьютером, например, типа «Ноутбук» (закупается дополнительно). В комплект входят также датчики перемещения, кабели, набор крепежных приспособлений для установки датчиков на любой отечественный выключатель и эксплуатационная документация. Для бесконтактного измерения тока электромагнитов или соленоида прибор может по заказу комплектоваться токовыми клещами на токи 20А, 50А или 400А. Для удобства переноски прибор снабжен специальным кейсом, а весь ЗИП размещается в укладочном ящике.

Универсальный прибор контроля выключателей ПКВ/У3



Прибор предназначен для безразборного контроля технического состояния всех видов выключателей (**воздушных, масляных, элегазовых, вакуумных**) на все классы напряжений от 10 кВ до 1050 кВ.

Он является дальнейшей разработкой универсального прибора ПКВ/У2, в результате которой было увеличено:

- число дискретных каналов для контроля положения контактов с 12-и до 20-и;
- число каналов для подключения резистивных датчиков с 2-х до 12-и;
- ток коммутатора с 10А до 35А постоянного или переменного тока.

Прибор выпускается в двух модификациях, отличающихся только числом каналов контроля резистивных датчиков: ПКВ/У3.0 – с двенадцатью каналами и ПКВ/У3.1 – с двумя каналами. ПКВ/У3.0 позволяет контролировать абсолютно все типы воздушных выключателей, включая ВО-750, ВО-1150, ВНВ-1150, а ПКВ/У3.1 – все, кроме трех перечисленных.

Контроль выполняется на выключателях со снятым высоким напряжением перед началом ремонта (для выявления дефектных узлов), после завершения ремонта (для удостоверения качества его выполнения), а также при профилактических обследованиях.

Контроль заключается в проведении пусков выключателя, измерении при этом комплекса характеристик выключателя и дальнейшем сопоставлении измеренных и паспортных значений характеристик. При

этом пуск может осуществляться либо от прибора через его силовой коммутатор, либо дистанционно диспетчером. Результаты измерения выводятся на дисплей компьютера.

В цифровой форме регистрируются следующие характеристики:

- **временные** – полное время движения траверсы, время включения-отключения по каждому полюсу, одновременность включения-отключения между полюсами, длительность командных импульсов и время вибрации контактов;
- **скоростные** – скорость в моменты включения-отключения, максимальная скорость, скорость в заданной точке хода траверсы;
- **ходовые** – полный ход, ход до момента включения-отключения, ход в контактах, одновременность (по ходу) замыкания-размыкания контактов, ход вибрации контактов, отскок и перелет траверсы в конце движения;
- **токовые** – ток электромагнитов включения и отключения;
- **напряжения** – изменение напряжения на электромагнитах.

Временные характеристики контролируются как в простых операциях «О» и «В», так и во всех сложных циклах. В приборе запрограммированы все сложные циклы с параметрами, определяемыми типом контролируемого выключателя.

Для масляных выключателей скоростные характеристики и характеристики хода контролируются с помощью точных цифровых датчиков линейных (ДП12) и угловых (ДП21) перемещений, входящих в комплект прибора. Для элегазовых и некоторых типов вакуумных выключателей скоростные характеристики измеряются посредством штатных контактных либо потенциометрических датчиков, подключаемых на специальные входы прибора.

Кроме таблиц цифровых значений параметров, более подробную информацию о состоянии выключателей можно извлечь из следующих регистрируемых графиков процессов:

- зависимости скорости от времени и от хода;
- зависимости токов и напряжений электромагнитов от времени и хода;
- диаграммах процессов замыкания-размыкания контактов.

Анализируя графики, можно диагностировать развивающиеся дефекты[1].

- Широкий диапазон и высокая точность задания временных интервалов;
- Высокая надежность и большой срок службы;
- Многократно резервированные меры безопасности;
- Некритичность к ошибкам подключения и управления при эксплуатации.

Благодаря этим свойствам пульт может применяться не только при контроле выключателей, но и для управления разнообразными активно-индуктивными нагрузками во многих приложениях.

При работе вход пульта подключается к сети питания выключателей, выход «Откл.» – к катушке электромагнита отключения, выход «Вкл.» – к катушке электромагнита включения или контактора, выход «Общ.» – к общей точке.

В ПУВ-10 запрограммировано 8 простых и сложных циклов. Пользователю необходимо лишь вызвать требуемый цикл на жидкокристаллический индикатор посредством кнопок и задать длительности операций «В» и «О» и пауз в цикле.

Дополнительной функцией пульта является возможность заблаговременного (1...10с) включения любого внешнего устройства, например, для подачи звукового сигнала, а также дистанционного (до 50 м) запуска пульта.

Технические характеристики:

Входное коммутируемое напряжение питания:

постоянное, В.....50÷300
переменное 50 Гц, В.....55÷242

Максимальный ток нагрузки, А.....12

Дискретность задания временных интервалов, мс.....10

Диапазон программирования времени

отключения, включения, мс.....10 ÷ 990

Габариты (ширина*длина*высота), мм.....200*150*80

Вес, кг.....5

Диапазон рабочих температур, °С -20 ÷ +35

Прибор контроля выключателей ПКВ-35



Пульт ПКВ-35 предназначен для управления **приводами постоянного тока** при проведении ремонтных работ и проверке технического состояния всех типов высоковольтных выключателей. Выполняет функции пульта управления выключателем путем задания простых и сложных операций с регулировкой выходного напряжения. Это позволяет проверять работу выключателей в том числе и при пониженном напряжении. Определение напряжений срабатывания выключателей возможно как в ручном режиме, так и автоматически по запрограммированному алгоритму.

Отличительные особенности пульта ПКВ-35:

- Широкий диапазон и высокая точность задания временных интервалов;
- Ручной и автоматический способ определения минимального напряжения срабатывания выключателя;
- Широкий диапазон питающих напряжений и расширенный диапазон рабочих температур;
- Высокий уровень безопасности.

Пульт ПКВ-35 подключается к катушкам электромагнитов или контакторов привода высоковольтного выключателя и к сети оперативного напряжения и коммутирует напряжение сети, пониженное до заданного уровня, на выходы в соответствии с выбранным циклом. Информация о выбранном цикле, его настройках, значение входного и выходного напряжений выводятся на жидкокристаллический индикатор. Изменение цикла, установка длительностей операций, задание требуемого выходного напряжения производится с помощью кнопок. Настройки сохраняются в энергонезависимой памяти.

Высокий уровень безопасности обеспечивается быстроредействующей транзисторной защитой и защитой встроенного автомата при превышении тока нагрузки либо при КЗ, а также блокировкой запуска цикла при температуре силовых элементов более 75 °С.

Для синхронизации пульта с внешними устройствами предусмотрен сигнал (сухой контакт) с регулируемым опережением (от 0,01 до 9,99 сек.) относительно начала цикла.

Технические характеристики:

Число каналов управления выключателем.....	2
Диапазон входного напряжения, В.....	90÷300
Диапазон выходного напряжения, В.....	40÷(Uвх-15)
Дискретность задания выходного напряжения, В.....	1
Максимальный ток нагрузки, А.....	35
Максимальная коммутируемая мощность, ВА.....	12000
Погрешность измерения входного и выходного напряжений, %.....	≤1
Пределы задания длительности импульсов включения \ отключения , мс.....	20÷990
Пределы задания длительности бестоковой паузы, мс.....	0÷9990
Габариты (длина* ширина*высота), мм.....	275*217*138
Вес, кг.....	6

Пульт управления выключателем ПУВ-50



Пульт ПУВ-50 предназначен для управления приводами постоянного тока при проведении ремонтных работ и проверке технического состояния всех типов высоковольтных выключателей.

Отличительные особенности пульта ПУВ-50:

- Широкий диапазон и высокая точность задания временных интервалов;
- Высокая надежность и большой срок службы;
- Широкий диапазон питающих напряжений и расширенный диапазон рабочих температур;
- Высокий уровень безопасности.

Пульт ПУВ-50 подключается к катушкам электромагнитов или контакторов привода высоковольтного выключателя и сети

оперативного напряжения подстанции, и коммутирует выпрямленное напряжение сети на выход в соответствии с выбранным циклом. Информация о выбранном цикле и его настройках выводится на жидкокристаллический индикатор. Изменение цикла и установка длительностей сигналов управления производится с помощью кнопок. Выбранный цикл и его настройки сохраняются в энергонезависимой памяти.

Высокий уровень безопасности при эксплуатации пульта ПУВ-50 обеспечивается специальной конструкцией силового модуля, защитой при превышении тока нагрузки и блокировкой запуска цикла при температуре силовых элементов более 75°C.

Для синхронизации пульта ПУВ-50 с внешними устройствами предусмотрены выходные сигнал с регулируемым опережением (от 0,01 до 9,99 сек.) относительно начала цикла и входной сигнал для дистанционного (до 50м) запуска выбранного цикла.

Технические характеристики:

Напряжение питающей сети (входное напряжение пульта), В.....	~100÷242 (50Гц)=100÷340
Максимальный ток нагрузки, А.....	50
Коммутируемая мощность, кВт.....	15,0
Длительность импульсов включения (Тв), отключения (То), мс.....	20÷990
Дискретность задания временных интервалов, мс.....	10
Диапазон рабочих температур, °С.....	- 20 ÷ + 45
Габариты (ширина*длина*высота), мм.....	222*245*112
Вес без кабелей, кг.....	5

Пульт ПУВ-50 может использоваться для коммутации выпрямленного входного напряжения на любую активно-индуктивную нагрузку в пределах его технических характеристик.

Промышленный микроомметр МИКО-1



Микроомметр предназначен для измерений переходного сопротивления контактов

высоковольтных выключателей. Он специально разработан для эксплуатации в условиях действия мощных помех промышленной частоты и обеспечивает их эффективное подавление.

Встроенный аккумулятор обеспечивает автономность и портативность микрометра, полностью решая проблему электробезопасности при эксплуатации. Емкости аккумулятора достаточно для выполнения не менее 100 замеров. Зарядка аккумулятора производится от внутреннего зарядного устройства, работающего от сети постоянного или переменного тока.

Измерение сопротивлений производится по 4-х зажимной схеме. Рабочий ток через измеряемое сопротивление составляет 45А при величине сопротивления до 2000 мкОм и равен 5А при величине сопротивления в диапазоне 2000÷20000 мкОм. Стабильный генератор, задающий рабочий ток, исключает погрешность измерения, вызываемую индуктивностью измеряемого сопротивления.

МИКО-1 прост в эксплуатации и обслуживании. Микропроцессор прибора совместно с другими измерительными узлами обеспечивает его тестирование на исправность, коррекцию нуля и автокалибровку, автоматический выбор диапазона измерения, устранение влияния термоЭДС в контактах, цифровую фильтрацию помех и вычисление величины измеряемого сопротивления. Для выполнения измерения достаточно лишь присоединить провода, включить питание микрометра и нажать кнопку «Измерение». Через 3 с на жидкокристаллическом индикаторе отобразятся значения измеренного сопротивления, рабочего тока и погрешности.

Технические характеристики:

Диапазон измеряемых сопротивлений R_x , мкОм.....0 ÷ 20000
 Предел абсолютной основной погрешности измерения, мкОм..... $\pm(1+0,01 \cdot R_x)$
 Вес микрометра, кг.....3,5
 Вес соединительного кабеля (2*4 м), кг.....0,6
 Габариты, мм.....210*235*75
 Рабочий диапазон температур, °С.....-20 ÷ +50

В штатную комплектацию МИКО-1 входят: измерительный блок, сетевой шнур для зарядки, соединительный кабель, предохранители,

шунт в качестве меры для проверки работоспособности, кейс для переноски и эксплуатационная документация.

Микромилликилоомметры МИКО-2.2 и МИКО-2.3



МИКО-2.2 и МИКО-2.3 включают в себя фактически четыре прибора:

1. Микроомметр – самый маленький в мире и на самый большой ток, для измерения переходных сопротивлений контактов, болтовых и сварных соединений проводов и т.п.;

2. Миллиомметр для измерения активных сопротивлений в цепях с большой индуктивностью (катушки электромагнитов, соленоидов, трансформаторов, двигателей и др.);

3. Килоомметр высокопомехозащищенный для измерения сопротивлений добавочных и шунтирующих резисторов и др. при наличии на них наведенного напряжения;

4. Термометр цифровой для измерения температуры обмоток, масла, воздуха.

МИКО-2.2 и МИКО-2.3 – универсальные приборы, но при их разработке устранен главный недостаток всех универсальных приборов – повышенная сложность использования из-за загромождения панели управления прибора многочисленными переключателями и надписями. Это достигнуто путем установления однозначного соответствия между видом измеряемого сопротивления или параметра и типом и конструкцией каждого входного кабеля. Пока кабель не присоединен, прибор нейтрален, на дисплее отображается только уровень заряженности аккумулятора в процентах от максимального значения. А присоединение, например, кабеля для измерения переходных сопротивлений тут же превращает прибор в микроомметр: активизируется соответствующая программа, на дисплей выводятся обозначения и надписи, относящиеся к переходному сопротивлению, и микроомметр готов к его измерению по нажатию кнопки «Пуск».

Благодаря этому пользователь МИКО-2.2 или МИКО-2.3 имеет все преимущества универсального прибора (компактность, малый вес, оптимальная цена) плюс простоту обслуживания прибора специализированного.

Дальнейшее сокращение органов управления и надписей получено полной автоматизацией всех процессов функционирования приборов. МИКО-2 и МИКО-3 - это интеллектуальные приборы с **самонастройкой к объекту** путем автоматического выполнения множества операций: переключение в режим измерения требуемой величины сразу после подключения к объекту, определение параметров объекта и выбор диапазона измерения, выбор рабочего тока исходя из минимизации времени и погрешности измерения, оценка уровня помех и установление необходимой степени фильтрации сигнала, компенсация термо-э.д.с. и начального смещения, самокалибровка, обработка результатов измерения и выдача на жидкокристаллический индикатор, при гашении импульса самоиндукции - определение момента его уменьшения до безопасного уровня с выдачей сообщения на дисплей, постоянная индикация текущего уровня заряженности аккумулятора, управление режимом зарядки аккумулятора и др.

Отличительные особенности приборов:

МИКО-2.2	МИКО-2.3
<ul style="list-style-type: none"> - Предельно простой в эксплуатации прибор, имеющий всего одну кнопку управления. - При присоединении к объекту соответствующим кабелем из комплекта и нажатии кнопки, прибор автоматически выполнит все необходимые из вышеперечисленных операции, выведет результаты измерения на жидкокристаллический индикатор, включит подсветку, а через 60с полностью 	<ul style="list-style-type: none"> - Имеет разнообразные дополнительные сервисные функции. - Пользователь может задавать требуемый ток измерения переходного сопротивления, либо, по умолчанию, измерять его при максимально возможном токе, вводить функцию прожига окисной пленки контактов, а для режима миллиметра – функцию автоматического пересчета сопротивлений обмоток, соединенных в треугольник или звезду в сопротивлении обмоток фаз,

выключится. - При необходимости в повторных измерениях кнопка нажимается вновь через любой промежуток времени.	а также автоматического учета температуры обмоток и др. - Измеренные значения могут быть занесены в энергонезависимую память (при записи автоматически регистрируются дата и время измерений), либо по интерфейсам RS-232/RS-485 переданы в компьютер или приборы ПКВ/УЗ и ПКВ/М7. - Через интерфейсы возможно дистанционное управление прибором от компьютера.
---	---

На время измерения ток в приборах постоянный и стабилизируется с высокой точностью. Но для максимального использования ресурса аккумулятора в режиме микроомметра, когда расход энергии даже на одно измерение велик, величина измерительного тока сделана плавающей. Ток уменьшается от измерения к измерению и при полном разряде конечный ток составляет 60% от начального максимального значения. Благодаря такому режиму одной зарядки аккумулятора хватает на 40 измерений переходных сопротивлений.

Автономное питание от встроенного аккумулятора и малый вес приборов позволяют легко подниматься с ними на выключатели и трансформаторы, благодаря чему длина и вес присоединительных кабелей могут быть значительно уменьшены.

Технические характеристики:

Диапазон измерения микроомметра, мкОм.....0,1-200 000
Ток микроомметра МИКО-2.2, А максимально возможный,.... ≤ 700
Диапазон тока микроомметра МИКО-2.3, А.....10-700
Время измерения, с..... $\leq 1,0$
Диапазон измерения миллиомметра, Ом.....0-1000
Время измерения, с.....3-150
Диапазон измерения килоомметра, кОм.....0-990
Величина наведенного напряжения на сопротивлении, кВ..... ≤ 5

Погрешность измерения всех сопротивлений, %.....	≤ 0,2
Диапазон измерения температуры, °С.....	-60 +100
Рабочий температурный диапазон, °С.....	-20 +40
Габариты (длина*ширина*высота), мм.....	150*190*75
Вес (без кабелей), кг.....	2,7

Начало серийного выпуска – 3-й и 4-й кварталы 2007г.

Сравнительная характеристика приборов группы ПКВ

Наименования характеристик	ПКВ/М6Н	ПКВ/М7 (замена ПКВ/М5Н)	ПКВ/У3.0 ПКВ/У3.1
Общее назначение	Приборы предназначены для безразборного контроля технического состояния высоковольтных выключателей от 10 кВ до 1150 кВ.		
Виды выключателей	Масляные, вакуумные, элегазовые, электромагнитные		Все виды выключателей на все классы напряжения
Количество дискретных каналов контроля	3	4	20
Количество каналов контроля положения датчиков сопел	—	—	2 или 12
Диапазон измерения временных характеристик, с	0,001.....5,2	0,001.....5,2	0,001.....5,2
Погрешность измерения временных характеристик, мс	±0,1	± 0,1	± 0,1.....± 0,3
Диапазон измерения скорости, м/с	0...20	0.....20	020
Погрешность измерения скорости, %	4	2	4

ООО «Эталон Прибор»

Диапазон измерения хода, мм	0,5...900	0,5...900	0,5...900
Дискретность измерения линейных перемещений, мм	0,5	0,5	0,5
Погрешность измерения хода: датчиком ДП12, мм датчиком ДП21, град.	± 1 $\pm 0,2$	± 1 $\pm 0,2$	± 1 $\pm 0,2$
Порог срабатывания защиты силового коммутатора при превышении тока, А	—	15...20	58
Максимальный выходной ток коммутатора, А	—	15	35
При постоянном напряжении В	100.....340	100.....340	100.....340
Напряжения сети при 50Гц ,В	100.....240	100.....240	100.....240
Диапазоны измерения сопротивления штатного резистивного датчика элегазовых выключателей, Ом	—	0...160 или 0...2500	0...160 или 0...2500
Диапазон измерения тока, А		0.....15	0.....35

Габариты измерительного блока (ширина *высота * глубина), мм	210*235*75	360*290*165	300 * 140 * 400
Масса измерительного блока, кг	3	7	8
Масса укладочного ящика с ЗИП, кг	12	12	12
Температурный диапазон эксплуатации измерительного блока, °С	-20 ... +50°С	-15 ... +40°С	-15 ... +40°С
Комплект	измерительный блок, укладочный ящик, датчики перемещения, крепежные приспособления, кабели, эксплуатационная документация, сумка для переноски измерительного блока.	измерительный блок, укладочный ящик, датчики перемещения, крепежные приспособления, кабели, эксплуатационная документация, сумка для переноски кабелей.	измерительный блок, укладочный ящик, датчики перемещения, крепежные приспособления, кабели, эксплуатационная документация, сумка для переноски измерительного блока.
Продукция по дополнительному заказу к прибору	Пульт ПУВ-10, ПУВ-50 или ПКВ-35	Токовые клещи на токи 20А, 50А, 100А, 200А или 400А. Пульт ПУВ-50 или ПКВ-35. Ноутбук.	Токовые клещи на токи 20А, 50А, 100А, 200А или 400А. Пульт ПУВ-50 или ПКВ-35. Ноутбук.

<p>Индивидуальные преимущества</p>	<p>Предельно прост в использовании. Для персонала не высокой квалификации. Особенно хорош для контроля вакуумных и масляных выключателей. Отсутствует возможность передачи данных в компьютер. Имеется сертификат. Занесен в Госреестр средств измерений РФ.</p>	<p>Самый совершенный прибор. Для подготовленных пользователей. При контроле элегазовых выключателей более предпочтителен, чем ПКВ/М6Н и ПКВ/М5Н. Очень удобный корпус. Сертификация будет завершена в 2007г.</p>	<p>Наиболее универсальный прибор. Обязательно необходим при наличии даже одних воздушных выключателей. Особенно выгоден, когда кроме воздушных имеются и другие виды выключателей. Сертификация запланирована на 2007г.</p>
---	--	--	---

Сравнительная характеристика приборов группы ПУВ

<p>Наименования характеристик</p>	<p>ПУВ-10</p>	<p>ПУВ-50</p>	<p>ПКВ-35</p>
<p>Общее назначение</p>	<p>Для испытания выключателей в простых операциях и сложных циклах путем автоматической подачи командных импульсов на электромагниты привода.</p>		<p>То же, что ПУВ-10 и ПУВ-50, а так же испытание пониженным напряжением.</p>
<p>Входное коммутируемое напряжение питания: постоянное, В переменное 50 Гц, В</p>	<p>постоянное 100...340 переменное 100...242</p>	<p>100...340 постоянное</p>	<p>90...340 постоянное</p>

Диапазон регулировки U_{вых} при постоянном U_{вх} = 350В	—	—	40....320
Макс. энергия индуктивной нагрузки при одиночном цикле О-Тбт-В- Тзо-О, Дж	60	300	300
Максимальный ток нагрузки, А	10	50	35
Падение напряжения на внутренних элементах пульта при максимальном токе не более , В	12	12	15
Погрешность измерения минимального напряжения срабатывания выключателя, %	—	—	±1
Диапазон программирования времени отключения, включения, мс	10....990	20....990	20....990
Диапазон программирования бестоковой паузы, мс	0....9990	0....9990	0....9990

ООО «Эталон Прибор»

Дискретность задания временных интервалов, мс	10	10	10
Габариты (ширина*длина*высота),	200*150*80	222*245*112	275*217*138
Масса, кг	1,7	5	5,8
Диапазон рабочих температур, С	от -20 до +35	от -20 до +45	от -20 до +45
Комплект	Прибор, кабель сетевой, кабель выходной, сумка для переноски, эксплуатационная документация.	Прибор, кабель сетевой, кабель выходной, провод заземления, сумка для переноски, эксплуатационная документация	Прибор, кабель сетевой, кабель выходной, кабель полюса, провод заземления, сумка для переноски, эксплуатационная документация.

