



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА

### Опыт приемосдаточных высоковольтных испытаний электрооборудования системы электроснабжения универсального рельсобалочного стана

Лукьянов М. М., канд. техн. наук

ОАО “Челябинский металлургический комбинат”

Рассмотрены опыт высоковольтных испытаний электрооборудования в ходе пусконаладочных работ на универсальном стане. Для испытания кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена использована измерительная установка сверхнизкой частоты.

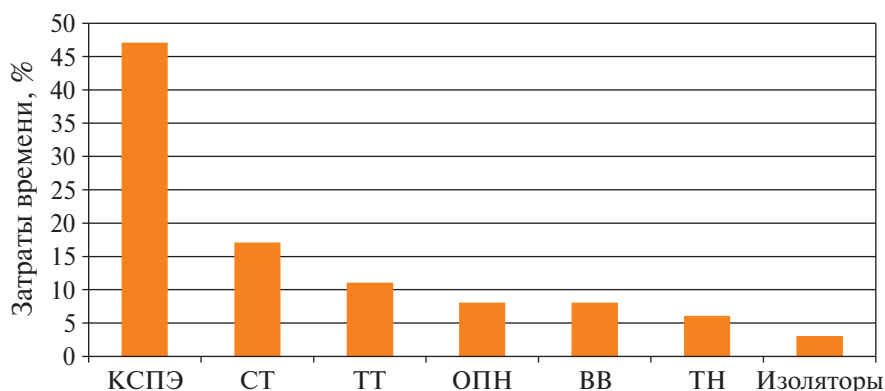
**Ключевые слова:** пусконаладочные работы, высоковольтные испытания, сверхнизкая частота, кабельные системы с изоляцией из сшитого полиэтилена.

ОАО “Челябинский металлургический комбинат” (ОАО “ЧМК”), входящее в состав компании “Мечел”, — крупнейшее в России предприятие полного металлургического цикла по выпуску качественных сталей. Согласно стратегии развития металлургического производства России на период до 2020 г. здесь предусмотрены реконструкция прокатного цеха № 3 и строительство первого в стране комплекса универсального рельсобалочного стана (УРБС) для производства высококачественного фасонного проката и рельсов длиной 12,5 и 100 м, а также других принципиально новых видов продукции. Комплекс реализует необходимые высокотехнологичные операции с использованием современных мировых разработок в области проката, закалки, правки, отделки и контроля качества выпускаемой продукции. Его производственная мощность составляет 1,1 млн т продукции в год. Согласно проекту стана (исполнителем и поставщиком оборудования которого является итальянская компания “Danieli”, а генеральным подрядчиком — китайская государственная корпорация “China Minmetals”) длина основного корпуса здания достигает 1500 м, а протяженность всей технологической линии по производству стометровых железнодорожных рельсов — более 3000 м.

Для оценки организационно-технической надежности структурных подразделений ОАО “ЧМК”, участвующих в пусконаладочных работах (ПНР) и разработке технических решений по их проведению, в центральной электротехнической лаборатории (ЦЭТЛ) был

выполнен количественный анализ проекта. Он позволил выявить в электротехнической части проекта и разделах, связанных с автоматизацией производственных процессов, ряд направлений (например, использование в электрических сетях стана кабельных систем с изоляцией из сшитого полиэтилена — XLPE, СПЭ кабелей — взамен морально устаревших кабелей с бумажно-масляной изоляцией), требующих соответствующей подготовки для их реализации.

Электроснабжение универсального стана осуществляется от ГПП-6 110/10 кВ, ПС № 60 10/0,4 кВ и вновь смонтированных распределительных устройств РУ 10 кВ в электропомещениях машзала (РУ № 1) и участка отделки рельсов (РУ № 2), а резервное питание участка водоподготовки — от дизель-генератора. Электроприемники основного производства, относящиеся ко второй категории по надежности электроснабжения, в нормальных режимах питаются по радиальной схеме от двух независимых взаимно резервируемых источников электроснабжения РУ 10 кВ, укомплектованных электрооборудованием фирмы “Schneider Electric” на основе ячеек РИХ-12 с типовым комплектом (система SEPAM 1000+ серии 40 с комплектом адаптации, ячейки выкатного типа MCset1-2-3, система оперативного тока ТИРОСОТ производства фирмы “Benning”). На трансформаторных подстанциях 10/0,4 и 10/0,69 кВ используются как трансформаторы сухого типа с естественным воздушным охлаждением, устройством защиты от перегрева и регули-



| Нормативный документ | Переменное (0,1 Гц) испытательное напряжение, кВ | Постоянное испытательное напряжение, кВ | Длительность испытательного напряжения, мин |
|----------------------|--|---|---|
| [1]                  | 18   | —                                       | 60  |
| [2]                  | 18   | —                                       | 30  |
| [3]                  | 18   | —                                       | 5   |
| [4]                  | 30   | —                                       | 15  |
| [5]                  | 30   | —                                       | 15  |
| [6]                  | 30   | —                                       | 15  |
| [6]                  | —  | 24                                      | 15  |
| [7]                  | 18   | —                                       | 30  |

ровочными отпайками на стороне высокого напряжения, так и трансформаторы с масляной изоляцией.

Электрические системы и системы автоматизации стана, поставляемые фирмой “Danieli Automation”, имеют три уровня: представления, прикладной логики, базы данных. Первый уровень реализуется на базе клиентских автоматизированных рабочих мест — АРМ (во избежание производственных потерь вследствие выхода из строя аппаратной части помимо основных клиентских АРМ предусматриваются резервные), второй и третий — на базе серверов управления технологическим процессом.

Для привода стана предусмотрены трехфазные полностью закрытые асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Преобразователи частоты для прокатных клетей объединены в многоприводную систему с общей шиной постоянного тока. Компенсация реактивной мощности осуществляется на сто-

роне 10 кВ автоматическими стационарными конденсаторными установками.

Ниже приведено количество электрооборудования, входящего в систему электроснабжения 10 кВ:

силовые трансформаторы (СТ) — 58;  
 высоковольтные выключатели (ВВ) — 103;  
 трансформаторы напряжения (ТН) — 28;  
 трансформаторы тока (ТТ) — 305;  
 ограничители перенапряжения (ОПН) — 132;

СПЭ кабели (КСПЭ) общей длиной 20 000 м — 159;

электродвигатели 10 кВ (ЭД) — 10;  
 электродвигатели до 1000 В — 3919;  
 преобразователи выше 1 кВ (Пр) — 5;  
 преобразователи до 1 кВ — 424.

С целью выполнения директивных сроков ввода комплекса универсального стана в работу и проведения ПНР в условиях действующего производства потребовалось увеличить мощности ЦЭТЛ: в ее состав вошли новые лаборатории, участки, каждый из которых обслуживает один или несколько специализированных процессов (в том числе участок высоковольтных испытаний УРБС).

На этапе подготовительных инженерных работ для выявления временных затрат на пуск и наладку электротехнических устройств (см. рисунок) потребовалось определить виды работ, наиболее массовые операции при их реализации и соответствующие трудозатраты.

Для новых видов оборудования, для которых Правилами устройства электроустановок не указаны параметры испытаний изоляции (например, для кабеля 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена), проведен анализ технической документации заводов-изготовителей, российских и международных стандартов, а также учтен опыт эксплуатации в электросетевых компаниях (см. таблицу, где приведены значения испытательного напряжения и длительность его приложения к указанному

кабелю). Согласно разным источникам испытания оболочек этих кабелей должны проводиться при повышенном напряжении от 5 до 10 кВ в течение 5 – 10 мин.

Стандартом ГОСТ Р 55025–2012 [1] с 1 июля 2013 г. установлены нормы испытательных напряжений после прокладки и монтажа кабельной линии. Этот вопрос долгое время был дискуссионным, о чем свидетельствуют довольно противоречивые требования к испытаниям кабелей напряжением 10 кВ, указанные в локальных нормативных документах [1 – 7] (см. таблицу). Например, ГОСТ [1] рекомендует после прокладки кабеля и монтажа арматуры проводить испытания кабельной линии переменным напряжением  $2U_0$  ( $U_0$  — номинальное напряжение между жилой и экраном) частотой 50 Гц в течение 1 ч либо переменным напряжением  $U_0$  в течение 24 ч, или переменным напряжением  $3U_0$  частотой 0,1 Гц в течение 60 мин, а оболочку испытывать постоянным повышенным напряжением 10 кВ в течение 1 мин.

Испытания кабелей с изоляцией из СПЭ постоянным напряжением вообще не должны проводиться — в соответствии с требованиями стандарта они выполняются только для кабелей с изоляцией из ПВХ пластика. Испытания кабеля напряжением сверхнизкой частоты и сверхмалым током позволяют защитить его от повреждения во время их проведения. Для кабелей с изоляцией из СПЭ это особенно важно, так как испытания постоянным током влекут за собой поляризацию молекул полиэтилена, что в свою очередь приводит к появлению дефектов изоляции и значительному снижению срока службы кабелей.

Выбор параметров испытательных устройств и определение условий их применения осуществляются исходя из допустимой погрешности измерений, класса изоляции и конструктивных особенностей испытываемого электрооборудования, уровня испытательных напряжений, транспортабельности, цены и других факторов.

Для приемосдаточных высоковольтных испытаний кабелей 10 кВ с изоляцией из СПЭ приобретена измерительная высоковольтная установка серии HVA фирмы “b2 elektronik GmbH” (Австрия), обеспечивающая индикацию испытательного напряжения и параметров процессов, протекающих в кабельной линии (электрической рабочей емкости, тока утечки, сопротивления изоляции). С целью сокращения сроков проведения проверок и

испытаний, а также исключения связанных с этим непроизводительных расходов разработаны методики и способы их безопасной реализации. Выявлены несоответствия техническим возможностям установки HVA морально устаревшие требования п. 1.8.40 раздела “Силовые кабели” ПУЭ, согласно которым сопротивление изоляции следует измерять мегаомметром, а электрическую рабочую емкость жил определять только для линий напряжением 20 кВ и выше. Помимо этого токи утечки приведены только для случая испытаний повышенным напряжением выпрявленного тока.

Исходя из организационно-технологической схемы и методов монтажа технологического оборудования и оборудования системы электроснабжения стана, сформирован вариант организации ПНР. Вопрос о ее методах решался в каждом конкретном случае в зависимости от однородности и объемов выполняемых работ, условий их совмещения с основной деятельностью цеха и пр. Испытания электрооборудования УРБС проводили без прерывания основных производственных процессов. Широко развитая инфраструктура предприятия, все инженерные коммуникации, обеспечивающие нормальный режим работы блюминга 1250, сохранялись при реконструкции прокатного цеха № 3. Не связанные между собой испытания и измерения выполнялись параллельно и независимо друг от друга.

Большое внимание в проектах и технологических картах на виды специализированных процессов уделялось безопасности и охране труда. Например, в связи с тем, что при высоковольтных испытаниях электрической прочности изоляции главных цепей вакуумных выключателей РУ 10 кВ испытательным напряжением 42 кВ необходима защита персонала от рентгеновского излучения, предусматривалось осуществлять ее либо с помощью защитного экрана из стального листа толщиной 2,5 мм на расстоянии 0,5 м от вакуумной дугогасительной камеры, либо путем вывода персонала из рабочей зоны испытаний на расстояние 8 м.

В заключение следует отметить, что для использования всех возможностей испытательных устройств необходимо на основе квалитетического подхода расширить словарь классификационных признаков состояния кабельных систем 10 кВ.

Приемосдаточные испытания проведены в установленные сроки в соответствии с тре-

буемым качеством и благодаря высокой организационно-технической надежности всех служб ОАО “ЧМК”.

### Список литературы

1. **ГОСТ Р 55025–2012.** Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение от 6 до 35 кВ включительно. Общие технические условия ([www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru)).
2. **Инструкция УП-Б-1** по испытаниям кабельных линий, оборудования распределительных устройств, защитных средств и определению мест поврежденных на кабельных линиях ([www.ruscable.ru](http://www.ruscable.ru)).
3. **Решение** технического совета ОАО “МРСК Северо-Запада” по испытаниям кабельных линий 0,4 – 10 кВ ([www.ruscable.ru/article/Reshenie\\_texnicheskogo\\_soveta\\_OAO\\_MRSK\\_Severo](http://www.ruscable.ru/article/Reshenie_texnicheskogo_soveta_OAO_MRSK_Severo)).
4. **Кабели** силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 1, 10, 20, 35 кВ ([www.elcable.ru](http://www.elcable.ru)).
5. **Кабели** с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6 – 35 кВ ([www.kamkabel.ru/production/printcatalog](http://www.kamkabel.ru/production/printcatalog)).
6. **РД К28-003:2007.** Руководство по выбору, прокладке, монтажу, испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ ([www.yuzhcable.com.ua](http://www.yuzhcable.com.ua)).
7. **DIN VDE 0276-620–1996.** Кабели силовые. Ч. 620. Кабели для распределения энергии с экструдированной изоляцией на номинальное напряжение свыше 3,6/6 кВ до 20,8/36 кВ ([www.ruscable.ru](http://www.ruscable.ru)).

**lukmm@inbox.ru**