

Стандартизация в трансформаторостроении: тенденции развития стандартов МЭК

ЛОХАНИН А.К., ЛАРИН В.С.

Приведен анализ тенденции развития международной стандартизации в области трансформаторостроения на основе стандартов МЭК. Рассмотрены новые стандарты МЭК, опубликованные с 2005 г., приведена их краткая характеристика. Рассмотрены проекты стандартов МЭК, которые находятся в стадии разработки и готовятся к публикации.

Ключевые слова: трансформаторостроение, стандарты МЭК, проекты стандартов

Для успешного развития отечественного трансформаторостроения и обеспечения надежного функционирования электроэнергетической отрасли большое значение имеет совершенствование отечественных нормативных документов, определяющих требования к трансформаторному оборудованию. Такое совершенствование отечественных нормативов должно являться результатом всестороннего анализа и проработки существующих требований к оборудованию (в том числе к его новым видам, например управляемым шунтирующим реакторам и трансформаторам с литой изоляцией и пр.), на основе не только отечественного опыта, но и с учетом наработок в международной практике. Стандарты Международной электротехнической комиссии (МЭК), обобщают опыт промышленно развитых стран мира и представляют особый интерес при решении указанных задач.

Разработку стандартов МЭК, устанавливающих требования к силовым трансформаторам и реакторам, ведет технический комитет №14 «Силовые трансформаторы» (ТК14), в котором в настоящее время представлены 39 активно действующих стран (постоянных членов), в том числе РФ. Основным направлением деятельности ТК14 является стандартизация в области силовых трансформаторов, переключающих устройств и реакторов, используемых в технологическом процессе генерации, передачи и распределения электроэнергии. Область деятельности этого комитета охватывает однофазные (мощностью свыше 1 кВА) и многофазные трансформаторы (мощностью свыше 5 кВА), имеющие обмотку высшего напряжения 1 кВ и более, включая силовые трансформаторы, преобразовательные трансформаторы для промышленного применения и линий постоянного тока, фазоповоротные трансформаторы, трансформаторы для вет-

Trends observed in the development of international standards on construction of transformers are analyzed on the basis of IEC standards. New IEC standards published since 2005 are considered, and a brief characterization of these standards is given. Draft IEC standards that are being elaborated and prepared for publishing are discussed.

Key words: construction of transformers, IEC standards, draft documents

ровых турбин и др. Трансформаторы измерительные, испытательные, тяговые, сварочные и трансформаторы низкого напряжения рассматриваются другими комитетами.

К настоящему времени в рамках ТК14 разработаны и опубликованы 20 действующих международных стандартов, а также одна техническая спецификация и технический отчет:

- МЭК 60076-1.** Силовые трансформаторы. Ч. 1: Общие положения. 3-я ред., 2011 г.
- МЭК 60076-2.** Силовые трансформаторы. Ч. 2: Превышение температуры наполненных жидкостью трансформаторов. 3-я ред., 2011 г.
- МЭК 60076-3.** Силовые трансформаторы. Ч. 3: Уровни изоляции, испытания изоляции и внешние воздушные промежутки. 2-я ред., 2000 г.
- МЭК 60076-4.** Силовые трансформаторы. Ч. 4: Руководство по испытанию грозowymi и коммутационными импульсами. 1-я ред., 2002 г.
- МЭК 60076-5.** Силовые трансформаторы. Ч. 5: Стойкость при коротком замыкании. 3-я ред., 2006 г.
- МЭК 60076-6.** Силовые трансформаторы. Ч. 6: Реакторы. 1-я ред., 2007 г.
- МЭК 60076-7.** Силовые трансформаторы. Ч. 7: Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. 1-я ред., 2005 г.
- МЭК 60076-8.** Силовые трансформаторы. Ч. 8: Руководство по применению. 1-я ред., 1997 г.
- МЭК 60076-10.** Силовые трансформаторы. Ч. 10: Определение уровней звука. 1-я ред., 2001 г.
- МЭК 60076-10-1.** Силовые трансформаторы. Ч. 10-1: Определение уровней звука — Руководство по применению. 1-я ред., 2005 г.
- МЭК 60076-11.** Силовые трансформаторы. Ч. 11: Сухие трансформаторы. 1-я ред., 2004 г.
- МЭК 60076-12.** Силовые трансформаторы. Ч. 12: Руководство по нагрузке силовых сухих трансформаторов. 1-я ред., 2008 г.

- МЭК 60076-13.** Силовые трансформаторы. Ч. 13: Наполненные жидкостью трансформаторы со встроенной защитой. 1-я ред., 2006 г.
- МЭК 60076-14.** Силовые трансформаторы. Ч. 14: Конструкция и применение наполненных жидкостью силовых трансформаторов с высокотемпературными изоляционными материалами (техническая спецификация). 2-я ред., 2009 г.
- МЭК 60076-15.** Силовые трансформаторы. Ч. 15: Силовые газонаполненные трансформаторы. 1-я ред., 2008 г.
- МЭК 60214-1.** Переключатели ответвлений. Ч. 16: Технические требования и методы испытаний. 1-я ред., 2003 г.
- МЭК 60214-2.** Переключатели ответвлений. Ч. 17: Руководство по применению. 1-я ред., 2003 г.
- МЭК 60616.** Маркировка выводов и ответвлений силовых трансформаторов (технический отчет). 1-я ред., 1978 г.
- МЭК 61378-1.** Преобразовательные трансформаторы. Ч. 1: Трансформаторы для промышленного применения. 1-я ред., 1997 г.
- МЭК 61378-2.** Преобразовательные трансформаторы. Ч. 2: Трансформаторы для применения в передачах постоянного тока высокого напряжения. 1-я ред., 2001 г.
- МЭК 61378-3.** Преобразовательные трансформаторы. Ч. 3: Руководство по применению. 1-я ред., 2006 г.
- МЭК 62032.** Руководство по применению, составлению спецификации и испытанию фазосдвигающих трансформаторов. 1-я ред., 2005 г.

Необходимо отметить, что ТК14 непрерывно следует за развитием международного трансформаторостроения и электроэнергетической отрасли, во многом учитывая потребность в новых стандартах, отражая в своей деятельности по стандартизации передовые тенденции и предложения, поступающие от национальных комитетов МЭК промышленно развитых стран. Опубликованные за последнее время стандарты и новые работы, ведущиеся в настоящее время в рамках ТК14, являются прямым тому подтверждением.

В период с 2006 по 2011 гг. в рамках ТК14 были опубликованы новые международные стандарты, краткая характеристика которых приведена далее.

МЭК 60076-6 [1]. Стандарт регламентирует требования к различным типам реакторов (шунтирующих, токоограничивающих, фильтровых, дугогасящих, сглаживающих и др.) и представляет собой переработанную 2-ю редакцию стандарта на реакторы МЭК 60289 (1988), отмененного с выходом МЭК 60076-6. Стандарт содержит термины и определения, требования к уровню изоляции и нагрузочной способности, объему и методам испытаний по каждому из отмеченных типов реакторов.

МЭК 60076-12 [2]. Данный стандарт по своей сути является дополнением изданного в 2004 г. стандарта МЭК 60076-11 и содержит рекомендации по оценке ресурса сухих трансформаторов в зависимости от его нагрузки, условий окружающей среды и теплового старения изоляции. Стандарт определяет математические модели расчета температур обмоток и наиболее нагретой точки, которые предназначены для определения допустимых нагрузок при различных температурах охлаждающей среды. Кроме того, стандарт содержит рекомендации по ограничению допустимых нагрузок в соответствии с результатами теплового расчета или измерений.

МЭК 60076-13 [3]. Стандарт регламентирует требования к силовым трансформаторам с жидким диэлектриком мощностью от 50 до 1000 кВА с наибольшим рабочим напряжением первичной обмотки до 24 кВ, оборудованным защитными и отключающими устройствами, которые в случае внутренних повреждений трансформатора предотвращают выброс изоляционной жидкости или газов и выход дуги за пределы бака и обеспечивают тем самым защиту окружающей среды, персонала и оборудования, а также предотвращают возможные нарушения в питающей сети. Стандарт содержит требования к основным электрическим характеристикам, защитным и отключающим устройствам, объему и методам испытаний.

МЭК 60076-15 [4]. Стандарт регламентирует требования к газонаполненным силовым трансформаторам (как правило, с элегазовой изоляцией) и содержит термины и определения, требования к маркировке, допустимым превышениям температуры изоляции и обмоток, допустимой утечке газа, объему и методам испытаний с учетом специфики газонаполненных трансформаторов.

МЭК 60076-16. Силовые трансформаторы. Ч. 16: Трансформаторы для ветряных турбин [5]. Стандарт нормирует дополнительные требования к трансформаторам, применяемым для передачи в электрическую сеть мощности, генерируемой ветроэлектрическими установками. Стандарт рассматривает сухие и наполненные жидким диэлектриком (включая масляные) трансформаторы мощностью от 100 до 10000 кВА, имеющие обмотку высшего напряжения до 36 кВ. Разработка стандарта направлена на повышение надежности работы указанных трансформаторов с учетом специфики их работы в условиях частых коммутаций, повторяющихся высокочастотных переходных перенапряжений, электрических и тепловых воздействий, а также других специфических условий эксплуатации, характерных для ветроэлектрических установок.

МЭК 61378-3 (IEC 61378-3. Converter transformers. Part 3: Application guide). Стандарт

представляет собой дополнение изданных ранее стандартов на преобразовательные трансформаторы для промышленного применения и передач постоянного тока (МЭК 61378-1 и МЭК 61378-2 соответственно), а также дополнение руководства по применению силовых трансформаторов (МЭК 60076-8). Содержит пояснения к процедуре испытания изоляции, оценке добавочных потерь, обусловленных гармоническими составляющими тока, уровню шума, рекомендации по составлению технической спецификации, оценке токов короткого замыкания, а также монтажу, эксплуатации и обслуживанию трансформаторов с учетом специфики преобразовательных трансформаторов.

Кроме того, в 2009 г. вышло второе издание технической спецификации МЭК 60076-14 [6]. В спецификации даны характеристики высокотемпературных изоляционных материалов (твердых и жидких), в том числе эмалей проводов, приведены типовые конструкции изоляционных систем с допустимыми значениями температур перегрева. Регламентирован объем и методы испытаний применительно к трансформаторам с высокотемпературной изоляцией. В 2010 г. комитет выступил с предложением о доработке технической спецификации МЭК 60076-14 с последующим переводом ее в разряд международного стандарта; к настоящему времени ведутся работы по пересмотру этого документа с учетом находящегося в стадии разработки проекта стандарта IEEE PC57.154 [6]; подготовлена первая редакция проекта данного стандарта [7].

Отдельного внимания заслуживает стандарт МЭК 62032 [8], опубликованный в 2005 г. как переиздание американского стандарта IEEE C57.135:2001 [9] в рамках совместной процедуры разработки стандартов с двойной аббревиатурой IEC/IEEE (IEC/IEEE dual logo international standard), пример тесного сотрудничества американского института инженеров-электриков и МЭК.

Новые проекты стандартов МЭК. В настоящее время в рамках ТК14 разрабатываются три новых проекта стандарта, посвященные весьма актуальным вопросам.

Проект МЭК 60076-18 Силовые трансформаторы. Ч. 18: Измерение частотной реакции [11]. Стандарт отражает развитие методов диагностики механического состояния обмоток трансформаторного оборудования, регламентируя применение получившего широкое распространение во всем мире частотного анализа реакции обмоток (ЧАР, в зарубежной терминологии Frequency Response Analysis — FRA). Стандарт устанавливает термины и определения, требования к методам измерения и характеристикам измерительного оборудования для измерения частотной реакции обмоток как новых,

так и уже эксплуатируемых силовых трансформаторов, реакторов, фазосдвигающих трансформаторов и подобного оборудования. Необходимость создания такого стандарта продиктована тем, что в основе частотного анализа реакции обмоток лежит сравнение полученных в разное время (в том числе и на заводе-изготовителе) частотных характеристик обмоток. При отсутствии единых норм применяемые на заводах и в эксплуатации приборы и методы могут отличаться, что может стать причиной разницы в результатах измерений даже при отсутствии действительных повреждений диагностируемых трансформаторов. В проекте стандарта приведены примеры диагностирования наиболее характерных механических повреждений, однако сам стандарт не регламентирует процедуру и не содержит указаний по интерпретации результатов. К настоящему времени опубликован проект стандарта для голосования с учетом полученных ранее замечаний от национальных комитетов МЭК (статус CDV по классификации МЭК).

Регламентируемый в документе МЭК частотный анализ по типу источника напряжения и способу получения частотной характеристики разделяют на метод напряжения изменяющейся частоты и метод импульсного напряжения (в зарубежной терминологии sweep FRA и impulse FRA соответственно). Первый метод позволяет определять частотные характеристики в широком диапазоне частот (от единиц Гц до десятков МГц) и получил за рубежом широкое распространение и реализацию в приборах всемирно известных компаний — производителей диагностического оборудования. В этой связи рассматриваемый проект стандарта ориентирован именно на метод напряжения изменяющейся частоты, а в разделе требований к измерительной технике содержит типовые характеристики существующих приборов.

В отечественной практике применение получил метод импульсного напряжения, который по сравнению с рассмотренным методом требует существенно меньших затрат времени на проведение измерений, но вместе с тем не может обеспечить получение достоверной частотной характеристики на частотах ниже единиц кГц. Вместе с тем известно, что резонансные частоты обмоток лежат выше этой границы, кроме того, в области меньших частот в значительной степени на результаты измерений влияет остаточная намагниченность, а потому для диагностирования повреждений обмоток часто рекомендуется диапазон частот от 5 до 20 кГц. Такие же рекомендации содержатся в отчете рабочей группы А2.26 СИГРЭ [12]. На стадии рассмотрения первой редакции проекта стандарта МЭК 60076-18 от Российского национального комитета подготов-

лены и направлены предложения, касающиеся расширения сферы применения стандарта, а именно распространения его на метод импульсного напряжения за счет включения дополнительных определений, уточнений и требований к измерительной технике. Вопрос о включении в стандарт метода импульсного напряжения поднимался на пленарной сессии ТК14 в 2010 г., и на него был получен отрицательный ответ со следующим объяснением. Поскольку измерения в диапазоне частот от 20 Гц до 5 кГц используются для диагностики поврежденных магнитопровода и витковых замыканий, методы измерения, не обеспечивающие получения характеристик на частотах ниже 5 кГц, должны быть исключены из стандарта; при этом полагается, что большинство используемых на практике приборов может и соответствовать требованиям стандарта.

К разряду новых публикаций МЭК можно также отнести готовящийся к изданию технический отчет МЭК 60076-17. Силовые трансформаторы. Ч. 17: Оценка уровня электромагнитных полей вокруг силовых трансформаторов [13], представляющий собой переиздание технического отчета Европейского комитета по стандартизации в электротехнической промышленности (CENELEC) CLC/TR 50453:2007. Отчет содержит руководство по оценке электромагнитных полей вокруг трансформаторов (реакторы в отчете не рассмотрены) в условиях нормальной работы, в приложениях к отчету приводятся аналитические формулы для оценки напряженности магнитного и электрического полей цилиндрических проводников.

Необходимо также отметить две инициированные совсем недавно работы – разработка технической спецификации МЭК 60076-19. Силовые трансформаторы. Ч. 19: Правила для определения неопределенностей в измерениях потерь в силовых трансформаторах [14] и нового стандарта МЭК 60076-20. Силовые трансформаторы. Ч. 20: Энергоэффективность распределительных трансформаторов [15]. Статус этих документов по состоянию на момент написания этой статьи – утвержденный новый проект (ANW по классификации МЭК).

Обновляемые и пересматриваемые стандарты. В феврале 2011 г. опубликована обновленная редакция стандарта МЭК 60076-2. Превышение температуры наполненных жидкостью трансформаторов [16], в которой в связи с выходом упоминаемого ранее МЭК 60076-12 изменено название и ограничена область применения только трансформаторами с жидкими диэлектриками. Также по сравнению с предыдущей версией стандарт был дополнен информативными приложениями, касающимися анализа растворенных газов для определения локальных перегревов и применения оптоволокон-

ных сенсоров для непосредственного определения температуры наиболее нагретых точек обмоток.

В апреле 2011 г. опубликована 3-я редакция стандарта МЭК 60076-1. Общие положения [17], в которой по сравнению со вторым изданием добавлены требования безопасности и защиты окружающей среды, требования к системе защиты жидкого диэлектрика, испытаниям бака на герметичность, перечень датчиков на трансформаторе для последующего подключения системы мониторинга и пр.

В июле 2011 г. опубликована новая (2-я) редакция МЭК 61378-1. Преобразовательные трансформаторы. Ч. 1: Трансформаторы для промышленного применения [18]. По сравнению с предыдущей новая редакция дополнена в части схем соединения обмоток, размещения более одной активной части в общем баке, распределения токов в обмотках, информативными приложениями по измерениям параметров короткого замыкания в случае встроенного преобразователя и измерению тока-распределения в обмотках, руководству по проведению анализа конструкции и др.

На настоящий момент в стадии обновления и пересмотра находятся четыре действующих стандарта, три из которых (МЭК 60076-10, МЭК 60214-1 и МЭК 61378-2 [19-21]) были одобрены к пересмотру совсем недавно (их статус по классификации МЭК – AMW), а потому говорить о предварительных версиях этих стандартов пока еще рано.

В стадии пересмотра находится стандарт МЭК 60076-3 [22], и РФ принимает в этом активное участие (авторы статьи – непосредственные исполнители этой работы). В 2010 г. был выпущен первый проект стандарта, на который были получены около 500 замечаний и предложений от национальных комитетов разных стран; их рассмотрение рабочей группой завершилось лишь в апреле 2011 г. Примечательно, что, хотя представители Франции и Германии с первых дней участвовали в разработке проекта, от этих стран было получено наибольшее число замечаний и предложений (95 и 92 соответственно). В настоящее время идет подготовка проекта стандарта для голосования (CDV).

По сравнению с предыдущей редакцией проект МЭК 60076-3 претерпел следующие изменения.

1. Введена новая классификация испытаний по их назначению и виду воздействующего напряжения. Так, взамен общего понятия испытания кратковременным напряжением промышленной частоты (Short duration alternating current – ACSД) введены отдельные обозначения для испытания приложенным напряжением (Applied voltage test – AV), испытания индуцированным напряжением (Induced voltage withstand test – IVW) и испытания

линейных выводов (Line terminal AC withstand voltage test — LTAC). Изменено обозначение для испытания длительным напряжением промышленной частоты с измерением уровня частичных разрядов (Induced voltage test with PD measurement — IVPD, в прежней классификации — Long duration alternating current — ACLD). Введено понятие испытания грозowymi импульсами вывода нейтрали (Lightning impulse test for neutral terminal — LIN).

2. Добавлены уровни изоляции для трансформаторного оборудования ультравысокого напряжения — два уровня для наибольшего рабочего напряжения $U_{н.р}$ 1100 кВ и один для 1200 кВ. Уровень изоляции для 1200 кВ в целом соответствует принятому в отечественной практике при ограничении коммутационных перенапряжений на уровне $1,6U_{н.р}$ с использованием ОПН.

3. Ужесточены требования к испытаниям изоляции. Для $U_{н.р}$ более 72,5 кВ испытание длительным напряжением с измерением уровня частичных разрядов теперь является приемосдаточным, а испытания коммутационными и срезанными грозowymi импульсами — приемосдаточным для $U_{н.р}$ более 170 кВ (испытание полным грозowym импульсом, как и в предыдущей редакции, является приемосдаточным для $U_{н.р}$ более 72,5 кВ).

4. Из основной таблицы исключен ряд уровней изоляции как «слишком низких для надежной работы». Стараниями одного из авторов данной статьи (А.К. Лоханина) часть этих уровней, наиболее полно соответствующая отечественной практике, сохранена в отдельной таблице.

5. С целью сближения с IEEE C57.12.00 [23] изменен подход к определению требуемых значений напряжения при испытании длительным напряжением. Вместо привычных $1,5U_{н.р}$ и $1,73U_{н.р}$ теперь нормируются значения $1,58U_{ном}$ и $1,8U_{ном}$ для одночасового и одноминутного интервалов (где $U_{ном}$ — номинальное напряжение).

6. Введены значения испытательных напряжений коммутационных импульсов для $U_{н.р} < 245$ кВ, соответствующие приведенным в стандарте IEEE C57.12.00 и равные уменьшенным в 1,2 раза напряжениям полного грозowego импульса. Также с целью гармонизации с IEEE в таблице основных уровней изоляции внесен ряд изменений в значения напряжений коммутационного импульса.

7. Внесен ряд правок и пояснений для удобства работы с документом (требования к испытаниям разделены на отдельные разделы в зависимости от $U_{н.р}$; добавлены приложения, содержащие выбор уровня изоляции нейтрали и разъяснения в части требований к испытаниям; приведена в удобном виде таблица нормированных уровней изоляции и многое другое).

Вывод. Для большей части отмеченных новых актуальных стандартов и разработок МЭК, за редким исключением, в отечественной нормативной базе нет аналогов, поэтому представляется возможной постановка вопроса о необходимости разработки соответствующих отечественных нормативных документов.

С целью гармонизации и дальнейшего сближения со стандартами МЭК целесообразно рассмотреть возможность уточнения и дополнения отечественных стандартов с учетом имеющихся изменений опубликованных в последнее время стандартов МЭК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **IEC 60076-6.** Ed. 1.0. Power transformers. Part 6: Reactors, 2007.
2. **IEC 60076-12.** Ed. 1.0. Power transformers. Part 12: Loading guide for dry-type power transformers, 2008.
3. **IEC 60076-13.** Ed. 1.0. Power transformers. Part 13: Self-protected liquid-filled transformers, 2006.
4. **IEC 60076-15.** Ed. 1.0. Power transformers. Part 15: Gas-filled power transformers, 2008.
5. **IEC 60076-16.** Ed.1. Power Transformers. Part 16: Transformers for wind turbines applications, 2011.
6. **IEC/TS 60076-14.** Ed. 2.0. Power transformers. Part 14: Design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation material, 2009.
7. **IEEE PC57.154.** Draft Standard for the Design, Testing and Application of Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers Using High-Temperature Insulation Systems and Operating at Elevated Temperatures, 2010.
8. **Документ 14/685/CD** (2011-04-01). Committee Draft: IEC 60076-14 Ed.1. Power Transformers. Part 14: Design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials.
9. **IEC 62032.** Ed. 1.0. Guide for application, specification and testing of phase-shifting transformers, 2005.
10. **IEEE Std C57.135:2001.** Guide for the Application, Specification, and Testing of Phase-Shifting Transformers.
11. **Документ 14/687/CDV** (2011-04-29). Committee Draft for Vote: IEC 60076-18. Ed.1. Power transformers. Part 18: Measurement of frequency response.
12. **CIGRE Working Group A2.26, Brochure 342** «Mechanical Condition Assessment of Transformer Windings using Frequency Response Analysis (FRA)». — Paris, April 2008.
13. **Документ 14/602/DTR** (2009-02-27): IEC 60076-17 TR Ed.1.0. Power transformers. Part 17: Evaluation of electromagnetic fields around power transformers.
14. **Документ 14/638/NP** (2010-04-16). IEC 60076-19 TS Ed.1.0. Power transformers. Part 19: Rules for the determinations of uncertainties in the measurement of losses in power transformers.
15. **Документ 14/644/NP** (2010-07-16). IEC 60076-20. Ed. 1.0. Power transformers. Part 20: Energy efficiency for distribution transformers.
16. **IEC 60076-2.** Ed. 3.0. Power transformers. Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers, 2011.
17. **IEC 60076-1.** Ed.3. Power transformers. Part 1: General, 2011.
18. **IEC 61378-1.** Ed.2. Converter transformers. Part 1: Transformers for industrial applications, 2011.

19. **IEC 60076-10**. Ed. 1.0. Power transformers. Part 10: Determination of sound levels, 2001.
20. **IEC 60214-1**. Ed. 1.0. Tap-changers. Part 1: Performance requirements and test methods, 2003.
21. **IEC 61378-2**. Ed. 1.0. Converter transformers. Part 2: Transformers for HVDC applications, 2001.
22. **Документ 14/643/CD** (2010-07-16). IEC 60076-3. Ed. 3.0. Power transformers. Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air.
23. **IEEE Std C57.12.00-2010**. General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.

[01.06.11]

Авторы: Лоханин Андрей Константинович окончил электроэнергетический факультет (ЭЭФ) Московского энергетического института (МЭИ) в 1958 г. В 1995 г. защитил докторскую диссертацию «Вопросы координации изоляции силовых трансформаторов для передач переменного и постоянного тока сверхвысокого напряжения» в ВЭИ. Скончался в 2011 г.

Ларин Василий Серафимович окончил Институт электроэнергетики МЭИ (ТУ) в 2004 г. В 2007 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследование и разработка эффективного метода расчета внутренней изоляции силовых трансформаторов». Начальник отдела трансформаторов ФГУП ВЭИ.