

УДК 621.3

Методика определения периодичности испытаний кабельных линий повышенным напряжением

Жукович Я.В.

Научный руководитель – ст. препод. МЫШКОВЕЦ Е.В.

В процессе своей эксплуатации кабель постоянно подвергается воздействию определённых внешних неблагоприятных факторов: изменение температуры, давление и смещение грунта, и прочие нагрузки, которые тем или иным образом оказывают влияние на состояние изоляции кабеля.

В целях снижения повреждаемости кабельных линий под рабочим напряжением правила технической эксплуатации рекомендуют проводить периодические испытания указанных линий повышенным напряжением. В процессе испытания ослабленное место изоляции кабеля пробивается и снижается вероятность повреждения кабеля под рабочим напряжением.

Испытание кабеля повышенным напряжением проводится в соответствии с ГОСТ. Величина используемого в испытаниях напряжения тоже устанавливается по ГОСТу на конкретные кабели. Кабельные линии испытывают после их монтажа и периодически в процессе эксплуатации. Испытания после монтажа проводят в соответствии с требованиями ПУЭ с целью проверки качества соединительных и концевых муфт кабелей, монтажа и изготовления кабелей.

Для определения периодичности испытаний кабельных линий повышенным напряжением проводится анализ повреждаемости линий. Повреждаемость кабельных линий под рабочим напряжением отличается от повреждаемости при испытаниях повышенным напряжением. Этот анализ проводится с целью установления параметра потока отказов и оценки его доверительного интервала при доверительной вероятности (0,9).

На основании информации о продолжительности эксплуатации кабельных линий и имевших место отказах под рабочим напряжением параметр потока отказов $\lambda_{авj}$ кабельной линии определяется по формуле

$$\lambda_{авj} = \sum_{i=1}^n m_i / \sum_{i=1}^n l_i \cdot t_i$$

Где j — марка кабеля; m_j — количество повреждений под рабочим напряжением i -той кабельной линии за весь период наблюдения; t_i — продолжительность эксплуатации i -й кабельной линии, лет.

Для полученного значения $\lambda_{авj}$ определяется доверительный интервал при доверительной вероятности (0,9)

$$\lambda_{авj}^{min} < \lambda_{авj} < \lambda_{авj}^{max}$$

$$\lambda_{авj}^{min} = \frac{1}{r_1} \cdot \lambda_{авj};$$

$$\lambda_{авj}^{max} = \frac{1}{r_2} \cdot \lambda_{авj}$$

где r_1 и r_2 — коэффициенты, которые отражают то, что число отказов на любом фиксированном отрезке времени распределяется по закону редких явлений с параметром $\lambda_{авj}$

Повреждаемость кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена ниже, чем кабельных линий с бумажно-масляной изоляцией. Снижение повреждаемости можно достичь неограниченной разностью высот точек прокладки кабелей, высоким значением силы тока термической устойчивости при коротких замыканиях, высоким качеством монтажа. К показателям надежности кабеля также относится долговечность кабеля, которая измеряется сроком его службы (для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена 30 лет, для кабелей с бумажно-масляной изоляцией не менее 30 лет).

Периодичность испытаний в процессе эксплуатации.

Кабели на напряжение 2–35 кВ периодичность испытаний:

– 1 раз в год – для кабельных линий в течение первых 2 лет после ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем:

– 1 раз в 2 года – для кабельных линий, у которых в течение первых 2 лет не наблюдалось аварийных пробоев и пробоев при профилактических испытаниях, и 1 раз в год для кабельных линий, на трассах которых производились строительные и ремонтные работы и систематически происходят аварийные пробои изоляции;

– 1 раз в 3 года – для кабельных линий на закрытых территориях (подстанции, заводы и др.) во время капитальных ремонтов оборудования для кабельных линий, присоединенных к агрегатам, и кабельных перемычек 6–10 кВ между сборными шинами и трансформаторами в ТП и РП;

Допускается не проводить испытание:

– для кабельных линий длиной до 100 м, которые являются выводами из РУ ТП на воздушные линии и состоят из двух параллельных кабелей;

– для кабельных линий со сроком эксплуатации более 15 лет, на которых удельное число отказов из-за электрического пробоя составляет 30 и более отказов на 100 км в год; для кабельных линий, подлежащих реконструкции или выводу из работы в ближайшие 5 лет;

Допускается распоряжением технического руководителя энергопредприятия устанавливать другие значения периодичности испытаний и испытательных напряжений:

– для питающих кабельных линий со сроком эксплуатации более 15 лет при числе соединительных муфт более 10 на 1 км длины; «для кабельных линий на напряжение 6-10 кВ со сроком эксплуатации более 15 лет, на которых смонтированы концевые заделки только типов КВВ и др. и соединительные муфты местного изготовления, при значении испытательного напряжения не менее $4 \cdot U_{номк}$ и периодичности не реже 1 раза в 5 лет;

– для кабельных линий на напряжение 20–35 кВ в течение первых 15 лет испытательное напряжение должно составлять $5 \cdot U_{ном}$, а в дальнейшем – $4 \cdot U_{ном}$.

– для кабелей на напряжение 110–500 кВ: через 3 года после ввода в эксплуатацию и в последующем 1 раз в 5 лет;

– для кабелей на напряжение 3–10 кВ с резиновой изоляцией: а) в стационарных установках – 1 раз в год; б) в сезонных установках – перед наступлением сезона; в) после капитального ремонта агрегата, к которому присоединен кабель.

Таблица 1

Характеристика кабельной линии	Периодичность профилактических испытаний
Кабельные линии напряжением 3,6 и 10 кВ, работающие в нормальных режимах	Не реже 1 раза в 1 год
Кабельные линии, проложенные в туннелях, коллекторах, зданиях подстанций, не подверженные коррозии и механическим повреждениям и не имеющие соединительных муфт, а также концевых муфт устаревших конструкций, установленных на открытом воздухе	Не реже 1 раза в 3 года
Кабельные линии, работающие в тяжелых условиях, а также дефектные линии	Устанавливается главным инженером городской электрической сети
Кабельные линии городских электрических сетей, проложенные в земле и работающие в течение 5 лет и более без электрических пробоев в условиях эксплуатации и профилактических испытаниях	Устанавливается главным инженером городской электросети с учетом местных условий, но не реже 1 раза в 3

	года
--	------

В процессе испытания обращают внимание на характер изменения тока утечки. Кабельные линии считаются выдержавшими испытания, если не произошло пробоя и толчков тока утечки или его нарастания, после того как ток достиг установившегося значения. До и после испытаний повышенным напряжением измеряют сопротивление изоляции кабелей, которое не нормируется. Сопротивление изоляции кабелей измеряют мегомметром на напряжение 2500 В по схеме между каждой жилой и жилами, соединенными с металлической оболочкой и броней кабеля.

Испытания кабелей повышенным напряжением не выявляют все слабые места изоляции новой кабельной линии. Некоторые дефекты монтажа и изготовления кабелей и муфт, а также повреждения кабельной линии в процессе эксплуатации постепенно приводят к ослаблению изоляции и пробую. Профилактические испытания кабельных линий должны проводиться не реже одного раза в год. Более частую периодичность испытаний устанавливают для кабелей, работающих в тяжелых условиях (вибрация, высокая наружная температура и т. п.), а также при дефектах линий.

Таблица 2

Цель и объекты испытания	Рабочее напряжение линии (кВ)	Переменное испытательное напряжение 0,1 Гц (кВ)	Длительность приложения испыт. напряж. 0,1 Гц (мин)	Испытательное напряжение выпрямленного тока (кВ)	Длительность приложения выпрям. испыт. напряжения (мин)
Кабельные линии с бумажной изоляцией: Перед включением в эксплуатацию (КЛ полностью или частично выполнены новым кабелем).	До 1			6	10
	6			36	10
	10			60	10
	35			175	10
В эксплуатации: - плановые по графику и внеочередные,	До 1			2,5	5
	6	12	20	30	5
	10	18	20	50	5
	35			100	5
- для КЛ питающих особо ответственные объекты,	6	12	20	30	5
	10	18	20	50	5
- для КЛ со сроком эксплуатации более 15 лет, кроме особо ответственных,	6		20	20	5
	10		20	40	5
- для КЛ со сроком эксплуатации более 25 лет, кроме особо ответственных	6	12	20	18	5
	10	18	20	30	5
Перед включением, если КЛ находилась в отключенном состоянии более 5	6 - 10			УПК-01М	

Цель и объекты испытания	Рабочее напряжение линии (кВ)	Переменное испытательное напряжение 0,1 Гц (кВ)	Длительность приложения испыт. напряж. 0,1 Гц (мин)	Испытательное напряжение выпрямленного тока (кВ)	Длительность приложения выпрям. испыт. напряжения (мин)
Кабельные линии с пластмассовой изоляцией:	до 0,66				
- вновь проложенные,	1			3,5	5
- после ремонта	до 1			5,0	5
				2,5 кВ	-
3. Кабельные перемычки в РП и ТП с бумаго-масляной изоляцией	6	12 или 10,5 50Гц	10 10	20	10
	10	18 или 17,5 50Гц	10 10	30	10
4. Кабельные линии и кабельные перемычки в РП и ТП из одножильного кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена вновь проложенные и после ремонта.	До 1	12 или 10,5 50 Гц	30 (20 после ремонта)	Мегаомметр 2,5 кВ	
	6	18 или 17,5 50 Гц	30 (20 после ремонта)		
	10	35 или 34,7 50 Гц	30 (20 после ремонта)		
	20				
5. Пластмассовые оболочки (шланга) кабелей из сшитого полиэтилена вновь проложенные, после ремонта и периодические.	От 10 и выше			5	10

Если на трассах линий производились земляные работы или наблюдались осадки почвы, размывы или оползни, необходимы дополнительные (внеочередные) испытания этих линий. Внеочередные испытания проводят также после окончания ремонтных работ на линии. Кабели, присоединенные к токоприемникам испытывают, как правило, во время ремонта токоприемников. При испытаниях кабелей в РУ их отсоединяют разъединителями. Поэтому вместе с кабелем испытывают концевые муфты и опорные изолятор.

Литература

1. Короткевич М.А. Основы эксплуатации электрических сетей
2. Короткевич М.А. Проектирование линий электропередачи
3. <http://electricalschool.info/main/naladka/964-profilakticheskie-ispytaniya-kabelnykh.html>
4. http://forca.ru/knigi/oborudovanie/montazh-i-eksploataciya-kabelei_36.html