فصل ششم

ایزولاسیون ایستگاههای فشار قوی

۶-۱ . ایزولاسیون ایستگاههای فشار قوی

در ایستگاههای فشار قوی ارتباط تجهیزات به یکدیگر و به شینه های اصلی و خروجیها توسط شینه های ارتباطی صورت می پذیرد . ایزولاسیون هادیهای تحت ولتاژ در محفظه بسته تجهیزات فشار قوی ، از جمله ترانسفورماتورهای قدرت ،ترانسفورماتورهای جریان ولتاژ ، کلیدها و غیره توسط روغن و یا گاز SF6 و یا هوای فشرده موجود در محفظه تأمین می گردد و ایزولاسیون شینه های اصلی و شینه های ارتباطی واقع در فضای باز توسط هوا تأمین می کردد .

خصوصیات ایزولاسیون در محفظه بسته تجهیزات فشا قوی متفاوت از خصوصیات ایزولاسیون توسط هوا بوده و درهنگام طرح پست و انتخاب تجهیزات فشار قوی لازم است این مرحله متناسب و هماهنگ با یکدیگر صورت پذیرد .

دو نوع ایزولاسیون داخلی و خارجی تجهیزات فشار قوی خصوصیات متفاوت را در قبال انواع مختلف اضافه ولتاژها عرضه می کند که در بخش های بعدی به شرح آن پرداخته می شود .

۶-۲ . سطح عایقی(InsuLation Level)

هوای اتمسفر در فواصل هوایی بین تجهیزات محیطی دی الکتریک تشکیل می دهد . این محیط دائما درمعرض اضافه ولتاژ با فرکانس صنعتی و نیز در معرض اضافه ولتاژهای موجی ناشی از تخلیه جوی (صاعقه) و کلید زنی (قطع و وصل) می باشد . شکست الکتریکی پدیده ایست که در اثر افزایش حداقل یکی از اضافه ولتاژهای فوق در فواصل هوایی بین تجهیزات در عایق بندی سیستم ایجاد می گردد .

در میان موجهای یاد شده فوق عامل اصلی تعیین کننده در فواصل الکتریکی بین تجهیزات و شینه ها ، همان دامنه ولتاژ موجی قابل قبول توسط هوایی ایزولاسیون می باشد که به سطح

ایزولاسیون ایستگاه یاBasic Insulation Level مرسوم بوده و به طور خلاصهBIL نـشان داده می شود و آن عبارتست از مقدار ولتاژی که باعث شکست الکتریکی عایق بندی سیستم می گردد .

شکل این موج بر حسب زمان رسیدن به مقدار ماکزیمم و زمـان لـزوم بـرای کـاهش بـه نـصف مقدار ماکزیمم مشخص می گردد .

برای موارد مختلف و در استانداردهای مختلف زمان پیشانی موج معمولاً بین $(20-200)\mu s$ می باشـد .

۶-۳. هماهنگی ایزولاسیون تجهیزات (Insulation Coordination)

به منظور محدود کردن اضافه ولتاژهای اعمالی تجهیزات پست ، نوعی هماهنگی عـایقی بایـستی بـین آنهـا برقـرار گـردد . ایـن همـاهنگی بـه وسـیله سـیمهای محـافظ (*Shielding Net*) و برقگیـر (*Arrester*)انجام شده و طوری تنظیم می شود که اضافه ولتاژهای اعمـالی بـه تجهیـزات تـا حـدود هشتاد درصد *BIL* محدود شود.

این دو وسیله به دو روش متفاوت زیر عمل می کنند :

الف) سیمهای محافظ یا *Shiclding Net* که از فضای بالای تجهیزات مـی گذرنـد و اضـافه ولتاژهـای موجی ناشی از تخلیه جوی را گرفته و به زمین منتقل کرده و از این طریق اضـافه ولتـاژ اعمـالی بـه تجهیزات ر محدود می نماید و در مورد اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل نیـز از طریـق کوپلینـگ ممکن است در کاهش ولتاژ موثر باشد .

ب) برقگیرها یا *Arresters* با اتصال کوتاه کردن اضافه ولتاژهای موجی کـه از طریـق خطـوط انتقـال وارد پست می شوند ، اضافه ولتاژهای اعمالی به تجهیزات را محدود می کند .

بحث هماهنگی عایقی ، ماهیتاً به دلیل تعداد پارامترها و عوامل درگیر و مشکلات ناشی ازبـرآورد و محاسبه و آزمایش به یکی از پیچیده ترین موضوعات مهندسی برق تبـدیل شـده اسـت لـذا عمـلاً اغلب ناگریز هستیم با نوعی سازش تقریبی میان عملکرد سیـستم و هزینـه مربـوط بـه طـرح بهینـه سازی سیستم دست یابیم . بنابر این جهت انتخاب سطح عایقی تجهیـزات بایـد اضـافه ولتاژهـا را در طول مدت بهره برداری محاسبه نمود و مقادیر اضافه ولتاژها مشخص کننده سطح عـایقی تجهیـزات خواهد بود بنابر این استفاده از وسایل حرارتی این اضافه ولتاژها را می توان تا حدودی محدود کـرد و یا قبول مقداری ریسک تا حد قابل قبولی عایقی تجهیزات را کاهش داد . پائین آوردن سـطح عـایقی تجهیزات از نظر اقتصادی و بهره برداری مهم می باشد و امروزه با استفاده از برقگیرها در داخل پست (در ورودی و خروجی پستها و ورودی و خروجی ترانسفورماتورها سطح عایقی تجهیزات را پائین مـی آوردند .

بنابر این حداقل سطح عایقی تجهیزات (BIL)بایستی ۱/۲ برابر سطح حفاظـت شـده توسـط برقگیـر باشد .

۶-۴ . ایزولاسیون داخلی ایستگاههای فشار قوی

همانگونه که اشاره شد ایزولاسیون هادیهای تحت ولتاژ واقع در محفظه بـسته تجهیـزات فـشار قوی توسط روغن یا گاز $SF6$ و یا هـوای فـشرده موجـود در محفظـه تـأمین مـی گـردد . ایـن نـوع ایزولاسیون تجهیزات فشار قوی به عنـوان ایزولاسـیون داخلـی تجهیـزات فـشار قـوی و ایزولاسـیون داخلی ایستگاه مرسوم می باشد .

به علت محفوظ بودن ایزولاسیون داخلی در معرض تغییرات درجه حرارت ، باران یخبندان و آلودگی محیط واقع نمی باشد . تنها کمیت های موثر در تعیین ایزولاسیون داخلی تجهیزات فشار قوی را ،اضافه ولتاژهای ظاهر شده در شبکه شامل اضافه ولتاژهای موقت فرکانس $50HZ$ و اضافه ولتاژهای تخلیه جوی و اضافه ولتاژهای قطع و وصل تشکیل می دهند . اضافه ولتاژهای تخلیه جوی در پی تخلیه جوی مستقیم برهادیهای واقع در فضای باز نظیر شینه ها ، هادیهای فاز خطوط انتقال انرژی و غیره ظاهر گردیده و با انتشار در طول هادیهای فاز به داخل محفظه بسته به تجهیزات فشار قوی وارد گردیده ، ایزولاسیون را تهدید می نمایند . اضافه ولتاژهای قطع و وصل در پی وصل کلیدها و ایستگاهها ظاهر گردیده و مشابه ولتاژهای موجی تخلیه جوی به دنبال انتشار در طول هادیهای فاز به داخل محفظه بسته تجهیزات فشار قوی وارد می گردند .

ولتاژ عایقی عرضه شده ، توسط ماده ایزوله روغن یا گاز $SF6$ و فواصل ایزولاسیون های تحت ولتاژ از بدنه و از یکدیگر در داخل محفظه بسته در قبال ولتاژهای موجی تخلیه جوی و قطع و وصل در استانداردهای مختلف در هر ردیف ولتاژ نامی تعیین گردیده اند که به عنوان سطح ایزولاسیون داخلی تجهیزات فشار قوی موسوم می باشند . سطح ایزولاسیون در قبال اضافه ولتاژهای موجی به عنوان *Basic Insulation Level* موسوم بوده و با *BIL* نشان داده می شود سطح ایزولاسیون در قبال اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل به عنوان *Swithching* Im *pulse Withs* tan *d Level* مرسوم بوده و با *SIWL* نشان می دهند . همچنین سطح ایزولاسیون در قبال اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی به عنوان *Lightning* Im *pulsc Withs* tan *d Level* مرسوم بوده و با *liwl* نشان می دهند و سطح ایزولاسیون در قبال اضافه ولتاژهای با فرکاس نعتی $50hz$ به عنوان *Withs* tan *d Voltage Power Frequncy* مرسوم بوده و با *PFWV* نشان می دهند. در کلیه استانداردها در هر ردیف ولتاژ نامی چند مقدار برای *SILW* و *LIWL* عرضه گردیده که در هنگام انتخاب

ایزواسیون ترانسفوماتور یک مقدار استاندارد با توجه به مشخصات شبکه و انجام محاسبات لازم به عنوان سطح ایزولاسیون داخلی ترانس انتخاب و به کارخانه سازنده اعلام می گردد . دامنه اضافه ولتاژهای ناشی از سوئیچینگ (قطع و وصل) کلیدها در ردیف ولتاژهای نامی بیش از $300KV$ قابل ملاحظه بوده و ایزولاسیون داخلی و خارجی را تهدید می کند و به همین علت سطح $SIWL$ فقط برای ردیف ولتاژهای نامی $U_m \geq 300KV$ ارائه و محاسبه می گردد .

۶-۵ . تعیین و انتخاب سطح ایزولاسیون داخلی پست $230/20(\text{kv})$ کرج

مطابق استاندارد $IEC71-73$ در سیستم های با ولتاژ زیر $300KV$ مقدار معینی برای اضافه ولتاژهای $LIWL$ و $U_{156}(PFWV)$ تعریف شده بدین علت است که این سیستمها معمولاً خوب نصب می شوند و مقدار زیادی از آزمایشات بر روی عکس العمل تجهیزات مقدور بوده و همچنین هزینه مربوط به عایق بندی آنها پائین می باشد ولی برای سیتسمهای با ولتاژ بالا $U_m \geq 300KV$ تعداد زیادی سطوح عایقی جهت تعیین $LIWL, SIWL$ برای طرح افتصادی بدلیل بالا بودن هزینه عایق بندی و طراحی نو ، معرفی می گردد .

جهت تعیین اضافه ولتاژهای $PFXV, LIWL, SIWL$ ابتدا ماکزیمم ولتاژهای مجاز در شبکه را مطابق جدول (۱-۳) بدست می آوریم .

$Un(KV)$	$U_{n\max} KV$
20	24
63	72.5
132	145
230	245
400	420

جدول ۱

سپس با توجه ۰ برای رده ولتاژهای $(230,63)KV$ دو مقدار $PFWV, LIWL$ جدول ۲ بدست می آوریم . مقادیر متفاوتی برای $LIWL$ وجود دارد که با توجه به محاسبات شبکه و نوع محل از نظر قوس الکتریکی و آمارها انتخاب می شود برای رده $U_m \geq 300KV$ ابتدا مقدار $SIWL$ از جدول (۳-۳) بدست آورده سپس $LIWL$ را با توجه به نسبت $\frac{LIWL}{SIWL}$ بدست می آوریم . در این رده اضافه ولتاژ فرکانس $50IIZ$ در نظر گرفته نمی شود . در این پروژه اضافه ولتاژ قطع و وصل $SIWL$ تأثیری جهت انتخاب سطح ایزولاسیون ندارد .

جدول ۲ محاسبات و نتاج لازم جهت انتخاب ایزولاسیون داخلی تجهیزات پست مورد نظر را برای دو سطح ولتاژ (230,63) را نشان می دهند .

$Un(KV)$	$U_{n\max}(KV)$	$SIWL(KL)$	$LIWL(KL)$	$PFWV(KV)$
230	245	-	1050	460
63	72 5	-	325	140

جدول ۲

۶-۶ . ایزولاسیون خارجی ایستگاههای فشار قوی :

همانطور که اشاره شد در ایستگاههای فضای باز و فضای بسته ایزولاسیون شینه هایی ارتباطی بایستی هادیها در فاصله هوایی مناسب با یکدیگر (فاز-فاز) و یا از زمین (فاز – زمین) واقع گردنـد . فاصله هوایی ثابت و مشخص شینه یا هادیها از یکدیگر و از زمین توسط ستون مقره تأمین می گـردد .ستون مقره در فواصل مناسب از یکدیگر نصب شده و با ارتفاع مناسب خود هادی تحـت ولتـاژ را در فاصله ایزولاسیون کافی نگه می دارند .

به دلیل وجود عایقی هوا در ایزولاسیون خارجی ، ستون مقره متأثر از شرایط محیطی از قبیـل آلودگی محیط ، تغییرات جوی باران و برف و رطوبت و غیره می باشد کـه در ایـن حالـت تغییـرات عایقی آن قابل ملاحظه می باشد . کاهش ولتاژ دی الکتریک ستون مقـره تحـت تـأثیر عوامـل فـوق ،جریان تخلیه سطحی را از سطح خارجی ستون مقره برقرار سـاخته و افـزایش تـدریجی آن شـرایط بروز قوس را بسهولت فراهم می سازد و قـوس در فـضای روی داده و باعـث بکـار افتـادن رلـه هـای حفاظتی و قطع کلید می شود ، در این هنگام هادی بدون ولتاژ گردیده و قوس خفه می گردد .

بنابر این در ایزولاسیون خارجی تجهیزات فشار قوی ، غیـر از شـرایط محیطـی ، قطـع و وصـل کلیدها نیز نقش مهمی را در تعیین سطح ایزولاسیون خارجی تجهیزات ایفـا مـی کنـد بـا توجـه بـه خصوصیات فوق ، اضافه ولتاژهای حاصل از قطع و وصل کلیدها و همچنین اضافه ولتاژهای حاصـل از تخلیه جوی ،از طریق انجام آزمایشات متعدد و متوالی و برآورد درصـد بـروز قـوس بـا انـدازه فاصـله ایزولاسیون به ارتفاع ستون مقره بستگی داشته و نسبت ولتاژ عایقی ستون مقره بـا توجـه بـه تعـداد دفعات مشخص اعمال ولتاژ و تعداد دفعات بروز قوس بر حسب درصد مشخص می گردد .

ایزولاسیون خارجی ایستگاه و تجهیزات فشار قوی علاوه بر موارد فوق ، با فاصله سطحی تجهیزات در قبال آلودگی نیز ارتباط داشته و تعیین می گردد .

۶-۷ .تعیین و انتخاب سطح ایزولاسیون خارجی پست $^{230}\!/_{20}(\mathrm{KV})$ کرج

فاصله سطحی یا Cree page distance از رابطه زیر بدست می آید .

$$L \geq U_{n\max} \times a \times 1.1$$

که در آن : $U_{n\max}$ ماکزیمم اضافه ولتاژ نامی سیستم می باشد که از جدول ۱ بدست می آید . a ضریب آلودگی است که با توجه به جدول ۳ بدست می آید و به نوع آلودگی محیطی که پست در آنجا قرار دارد بستگی دارد و بر حسب $^{mm}\!/_{kv}$ بیان می شود .

خیلی سنگین	سنگین	سبک	بدون آلودگی یا کم اهمیت	مناطق از نظر آلودگی
31	25	20	16	$a(mm/KV)$

جدول ۳

نسبت تعداد دفعات بروز قوس به تعداد دفعات اعمال ولتاژ برای ستون مقره در استاندارد IEC معادل ۱/۱ تعیین گردیده است که به عنوان ولتاژ ۱۰٪ بروز قوس و یا ولتاژ ۹۰٪ فاصله هوایی و عایقی موسوم می باشد بر طبق استاندارد IEC ولتاژ عایقی کلیه فواصل هوایی و ستون های مقره در ایزولاسیون خارجی و با ولتاژ ۵۰٪ بروز قوس یا عدم بروز قوس مشخص می گردد . ولتاژ ۹۰٪ فواصل هوایی برحسب ولتاژ ۵۰٪ آن از رابطه زیر بدست می آید .

$$U90\% = U50\%(1-1.3\delta)$$

ضریب δ حدود تغییرات ولتاژ قوس را مشخص می سازد مقدار آن طبق استاندارد IEC برای اضافه ولتاژهای تخلیه جوی ۰/۰۳ و برای اضافه ولتاژهای قطع و وصل ۰/۰۶ می باشد . بنابر این جایگزینی مقدار δ رابطه بالا به صورت زیر در می آید :

$$U90\%_{Switch} = 0.92 \times U50\% \quad , \quad U90\%_{Light} = 0.95 \times U50\%$$

و $U50\%$از رابطه زیر بدست می آید

$$U50\% = \frac{\left(U_m / \sqrt{3}\right) \times \sqrt{2}}{\left(1.3\delta\right)} \times Kp \times 1.1$$

که در آن :

K_p ضریب اضافه ولتاژ برای کلیدهای مخصوص می باشد که برابر است با :

$$Kp < 2.5 p.U, U_m < 72.5KV$$

$$Kp < 2 p.U, U_m \geq 72.5KV$$

U_m ولتاژ ماکزیمم موثر با ماکزیمم مجاز نامی سیستم می باشد که از جدول (۱-۵) قابل استخراج است . حال به انجام محاسبات ایزولاسیون خارجی می پردازیم .

محاسبه فاصله سطحی (L) :

ضریب آلودگی منطقه پست سبک می باشد بنابر این $a = 20mm / kv$ در نظر گرفته می شود .

۱) برای ردیف 230^{KV}: $U_{n\max} = 245KV$

$$L \geq U_{n\max} \times a \times 1.1 = 245 \times 20 \times 1.1 = 5390mm$$

۲) برای ردیف 63^{KV} : $U_{n\max} = 72.5KV$

$$L \geq 72.5 \times 20 \times 1.1 = 1595mm$$

۶-۷-۱ . محاسبه ایزولایسیون خارجی ناشی از اظافه ولتاژهای تخلیه جوی :

برای محاسبه این قسمت را برابر و ضریب را برای ردیف ولتاژهای مورد نظر برابر با در نظر می گیریم .

۱) در ردیف 230^{KV} : $U_m = 245KV$

$$U50\% = \frac{\left(U_m / \sqrt{3}\right) \times \sqrt{2} \times Kp}{1 - 3\delta} \times 1.1 = \frac{\left(245 / \sqrt{3}\right) \times \sqrt{2} \times 2}{1 - \left(3 \times 0.03\right)} \times 1.1 = 484KV$$

$$U90\% = U50\%(1-1.3\delta)484 \times 0.96 = 465KV$$

۲) برای ردیف 63^{KV} : $U_m = 72.5KV$

$$U50\% = \frac{(72.5/\sqrt{3}) \times \sqrt{2} \times 2}{1-(3 \times 0.03)} \times 1.1 = 143KV$$

$$U90\% = 143 \times 0.96 = 138KV$$

۶-۷-۲. محاسبه ایزولاسیون خارجی ناشی از اضافه ولتاژهای قطع و وصل

جهت محاسبه این قسمت ، ضریب δرا برابر و ضریب K_Pرا برای ردیف ولتاژهای مورد نظر برابر با $K_P = 2p.u$ در نظر می گیریم.

۱) در ردیف 230^{kv} :

$$U50\% = \frac{(245/\sqrt{3}) \times \sqrt{2} \times 2}{1-(3 \times 0.06)} \times 1.1 = 537KV$$

$$U90\% = U50\%(1-1.3\delta)537 \times 0.92 = 497KV$$

۲) در ردیف 63^{KV} : $U_m = 72.1kv$

$$U50\% = \frac{(72.5/\sqrt{3}) \times \sqrt{2} \times 2}{1-(3 \times 0.03)} \times 1.1 = 143KV$$

$$U90\% = 159 \times 0.92 = 146KV$$

جدول (۴) محاسبات و نتایج لازم جهت انتخاب ایزولاسیون خارجی تجهیزات پست کرج را برای دو سطح ولتاژ (۲۳۰،۶۳) کیلو ولت نشان می دهد .

$U_m(KV)$	$U_m(KV)$	L(mm)	Light		Switch	
			U50%	U90%	U50%	U90%
230	245	484	484	465	537	494
63	72 5	143	143	138	159	149

جدول ۴