جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال
موج گیرها در پست های فشار قوی

نشریه شماره ۲-۴۳۹

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی

http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو – شرکت توانیر

طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق

www.tavanir.ir

جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال موج گیرها در پست های فشار قوی

نشریه شماره ۲-۴۳۹

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو – شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:** ۱۰۰/۱۰۲۷۳۸
	تاریخ: ۱۳۸۷/۱۱/۱

موضوع:
مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها و خطوط فوق توزیع و انتقال- موج‌گیرها در پست‌های فشار قوی (جلداول) و (جلد دوم)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۳۹ دفتر نظام فنی اجرایی، دو مجلد با عنوان «**مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها و خطوط فوق توزیع و انتقال- موج‌گیرها در پست‌های فشار قوی (جلداول) و (جلد دوم)**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

امیرمنصور برقعی
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

۵۶۵۱۳۸

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی- تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱- خیابان صفی علی شاه

http://tec.mporg.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و بـه منظـور تعمـیم اسـتانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقـال و توزیـع نیـروی بـرق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (معاونت نظارت راهبردی – دفتر نظام فنـی اجرائـی) بـا همکـاری وزارت نیرو – شرکت توانیر در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صـنعت بـرق» اقـدام بـه تهیـه مجموعـه کـاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فـوق توزیـع و انتقـال – مـوج گیرهـا در پست های فشار قوی – جلد دوم» در بر گیرنده مطالب مربـوط بـه معرفـی، شـناخت، سـاختمان و نصـب مـوج گیرهـا، معیارهای طراحی و مهندسی و انتخاب موج گیرها، الزامات استاندارد و آزمون ها، و دستورالعمل های نگهداری و بازدیـد، برای موج گیر های ۶۳ تا ۴۰۰ کیلو ولت در پست های فشار قوی می باشد که در چهار فصل ارائه شده است.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رسیدن این نشریه و همچنین سازمان‌ها و شرکت‌های مهندسی مشاور که با اظهارنظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۷

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها و خطوط فوق توزیع و انتقال - موج گیرها در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲- ٤۳۹

تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسین مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسین حامد نفیسی، پوریا معقولی، شهرام کاظمی و آقای دکتر عارف درودی تهیه و تدوین شده است و توسط آقای اسماعیل زارعی مورد ویراستاری قرار گرفته است.

کمیته فنی

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت‌های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

آقای مهندس جمال بیاتی	وزارت نیرو – سازمان توانیر – مجری طرح
آقای مهندس علیرضا اسحاقیان راد	توانیر دفتر فنی تولید
آقای مهندس بهمن الله مرادی	سازمان توسعه برق ایران
آقای دکتر عارف درودی	مهندسین مشاور نیرو
آقای مهندس محمد شکاری خادملو	شرکت مشانیر
آقای مهندس رضا صائمی	شرکت مشانیر
آقای مهندس سید حسن عرب اف	مهندسین مشاور قدس نیرو
آقای مهندس بهروز قهرمانی	سازمان توسعه برق ایران
آقای مهندس اباذر میرزایی	مشاور معاون هماهنگی و نظارت بر بهره برداری سازمان توانیر
آقای مهندس سید جمال الدین واسعی	پژوهشگاه نیرو
آقای مهندس امیر رضا یزدان دوست	مهندسین مشاور قدس نیرو
آقای مهندس احسان الله زمانی	وزارت نیرو – سازمان توانیر – دبیر کمیته فنی طرح

مسؤولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفترنظام فنی اجرائی به عهده آقایان مهندسین محمدرضا طلاکوب و پرویز سیداحمدی بوده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- اهداف، تعاریف و کلیات

۱-۱- ساختار مخابراتی PLC ۳

۱-۲- وظایف و عملکرد موج‌گیر ۴

۱-۳- ساختمان، اجزا و مدل الکتریکی ۵

۱-۳-۱- ساختار اجزا موج‌گیر ۸

۱-۳-۱-۱- پیچک اصلی ۸

۱-۳-۱-۲- وسیله تنظیم (همسازگر) ۱۰

۱-۳-۱-۳- وسیله محافظ (برق‌گیر) ۱۱

۱-۳-۱-۴- اجزا فرعی موج‌گیر ۱۱

۱-۳-۲- مدل الکتریکی ۱۱

۱-۴- نحوه اتصال، نصب و کوپلینگ ۱۳

۱-۴-۱- نحوه اتصال موج‌گیر به شبکه فشارقوی ۱۳

۱-۴-۲- نحوه نصب موج‌گیر در پست فشارقوی ۱۳

۱-۴-۳- روشهای کوپلینگ ۱۷

۱-۵- تعاریف ۲۰

۱-۵-۱- پیچک اصلی ۲۰

۱-۵-۲- اندوکتانس ظاهری ۲۰

۱-۵-۳- اندوکتانس فرکانس قدرت ۲۱

۱-۵-۴- اندوکتانس حقیقی ۲۱

۱-۵-۵- اندوکتانس نامی ۲۱

۱-۵-۶- خازن خودی ۲۱

۱-۵-۷- فرکانس تشدید خودی ۲۱

۱-۵-۸- مقاومت پیچک اصلی ۲۱

۱-۵-۹- ضریب حرارتی ۲۱

۱-۵-۱۰- فرکانس قدرت نامی ۲۱

۱-۵-۱۱- وسیله تنظیم ۲۱

۱-۵-۱۲- فرکانس حامل ۲۲

۱-۵-۱۳- امپدانس سدکننده ۲۲
۱-۵-۱۴- مقاومت سدکننده ۲۲
۱-۵-۱۵- تلفات نقطه انشعاب ۲۲
۱-۵-۱۶- تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکننده ۲۲
۱-۵-۱۷- پهنای باند بر پایه امپدانس سدکننده ۲۲
۱-۵-۱۸- پهنای باند بر پایه مقاومت سدکننده ۲۲
۱-۵-۱۹- فرکانس مرکزی ۲۲
۱-۵-۲۰- فرکانس مرکزی بر پایه مقاومت سدکننده ۲۲
۱-۵-۲۱- ضریب Q ۲۳
۱-۵-۲۲- جریان دائم نامی ۲۳
۱-۵-۲۳- جریان کوتاه‌مدت نامی ۲۳
۱-۵-۲۴- اضافه بار اضطراری ۲۳
۱-۵-۲۵- تلفات اهمی و آهنی ۲۳
پیوست (۱-۱): مقادیر نمونه موج‌گیر ۲۴

فصل دوم- معیارهای طراحی و مهندسی و انتخاب موج‌گیر

۲-۱- اندوکتانس نامی پیچک اصلی ۲۷
۲-۲- جریان نامی ۲۹
۲-۳- جریان کوتاه‌مدت نامی ۲۹
۲-۴- سطوح عایقی ۳۰
۲-۴-۱- استقامت عایقی در امتداد موج‌گیر ۳۰
۲-۴-۲- استقامت عایقی موج‌گیر نسبت به زمین ۳۱
۲-۵- باند فرکانسی و امپدانس سدکننده ۳۱
۲-۶- تلفات نقطه انشعاب و مشخصه تضعیف موج‌گیر ۳۵
۲-۷- مشخصه اضافه بار اضطراری ۳۶
۲-۸- مشخصه حرارتی عایق ۳۷
۲-۹- نمونه‌ای از طراحی و انتخاب مشخصه‌های موج‌گیر ۳۷
۲-۹-۱- مشخصات سیستم ۳۸
۲-۹-۲- مشخصات شرایط محیطی ۳۸
۲-۹-۳- انتخاب موج‌گیر ۳۸

فصل سوم - الزامات و آزمون‌ها

۳-۱- شرایط عمومی ۴۳
۳-۲- آزمون‌های نوعی ۴۳
۳-۲-۱- آزمون افزایش درجه حرارت ۴۳
۳-۲-۲- اندازه‌گیری ولتاژ تداخل رادیویی ۴۶
۳-۲-۳- آزمونهای عایقی ۴۷
۳-۲-۳-۱- آزمون ولتاژ ضربه ۴۷
۳-۲-۳-۲- آزمون ولتاژ فرکانس قدرت بر روی وسیله تنظیم ۴۹
۳-۲-۴- آزمون جریان کوتاه‌مدت ۴۹
۳-۲-۴-۱- استقامت مکانیکی ۴۹
۳-۲-۴-۲- رفتار حرارتی ۵۰
۳-۲-۵- اندازه‌گیری اندوکتانس نامی پیچک اصلی ۵۱
۳-۲-۶- اندازه‌گیری اندوکتانس فرکانس قدرت پیچک اصلی ۵۲
۳-۲-۷- اندازه‌گیری مقاومت و امپدانس سدکنندگی ۵۲
۳-۲-۸- اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب و تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکنندگی ۵۴
۳-۳- آزمون‌های جاری ۵۵
۳-۳-۱- آزمون تحمل ولتاژ فرکانس قدرت وسیله تنظیم ۵۵
۳-۳-۲- اندازه‌گیری اندوکتانس نامی پیچک اصلی ۵۵
۳-۳-۳- اندازه‌گیری اندوکتانس فرکانس قدرت پیچک اصلی ۵۵
۳-۳-۴- اندازه‌گیری مقاومت و امپدانس سدکنندگی ۵۵
۳-۳-۵- اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب و تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکننده ۵۵
۳-۳-۶- بررسی ظاهری ۵۵

فصل چهارم- دستورالعمل‌های نگهداری و بازدید

۴-۱- نگهداری ۵۹
۴-۱-۱- بازبینی مشخصات موج‌گیر ۵۹
۴-۱-۲- تعویض وسیله تنظیم ۶۰
۴-۱-۳- تعویض وسیله حفاظتی (برقگیری) ۶۰
۴-۲- دستورالعمل بازدیدهای دوره‌ای موج‌گیر ۶۱
۴-۲-۱- بازدیدهای روزانه از موج‌گیر ۶۱

۴-۲-۲- بازیدهای هفتگی از موج‌گیر ۶۱
۴-۲-۳- بازدیدهای ماهیانه از موج‌گیر ۶۱
۴-۳- سرویس‌های دوره‌های موج‌گیر ۶۲
۴-۳-۱- مراحل انجام کار ۶۲
۴-۳-۲- مهارتهای لازم ۶۲
۴-۳-۳- تجهیزات لازم ۶۲
پیوست (۴-۱): فرم بازدید روزانه موج‌گیر ۶۳
پیوست (۴-۲): فرم بازدید هفتگی موج‌گیر ۶۴
پیوست (۴-۳): فرم بازدید ماهانه موج‌گیر ۶۵

مراجع ۶۷

فصل ۱

اهداف، تعاریف و کلیات

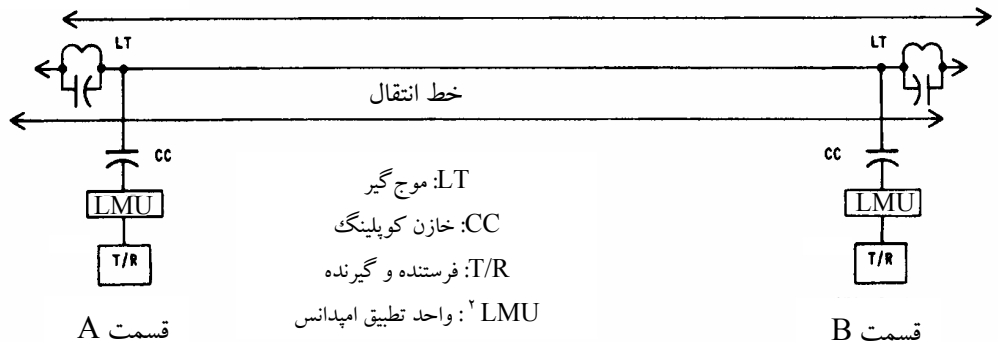
مقدمه

هدف از این فصل معرفی و شناخت انواع موج‌گیرها می‌باشد. موج‌گیرها در بهره‌برداری مخابراتی از شبکه قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این فصل بعد از ارائه یک نمای کلی از طرح سیستم مخابراتی PLC[1]، وظایف و ساختار موج‌گیرها ارائه شده و سپس تعاریف استاندارد مرتبط ارائه می‌گردد.

۱-۱- ساختار مخابراتی PLC

از بین روشهای مختلف ارتباط مخابراتی در شبکه‌های قدرت، سیستم PLC پرکاربردترین و در مواردی که ترافیک انتقال اطلاعات بالا نباشد (در این موارد از شبکه‌های فیبر نوری استفاده می‌شود) مناسبترین سیستم مخابراتی می‌باشد.

استفاده از خطوط انتقال نیرو جهت ارتباط مخابراتی، مستلزم تفکیک سیگنال انرژی (فرکانس قدرت) از سیگنال مخابراتی است که این امر توسط ادواتی همچون موج‌گیر، خازن کوپلینگ و ... انجام می‌گیرد. شکل شماره (۱-۱) دیاگرام یک کانال مخابراتی PLC را نشان می‌دهد.

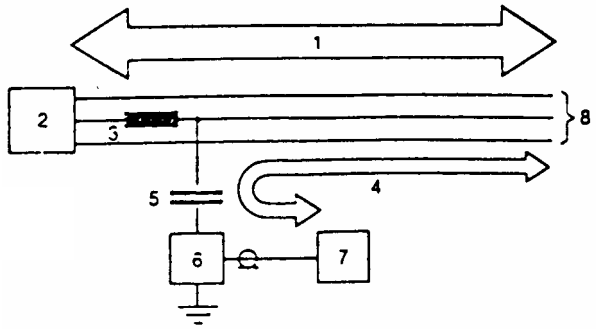


شکل ۱-۱ : دیاگرام یک کانال PLC

در هر یک از دو انتهای این کانال، امکان تفکیک سیگنال مخ ابراتی و سیگنال انرژی وجود دارد. سیگنالهای مخابراتی خود شامل سیگنالهای صحبت، اطلاعات، مدیریت انرژی، حفاظت و ... هستندکه بعد از مدوله شدن در یک فرکانس بالا وارد کانالهای PLC می‌شوند.

اصول کار یک سیستم PLC در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود سیگنال مخابراتی (۴) از سیگنال انرژی (۱) تفکیک شده و وارد مجموعه ادوات PLC می‌گردد.

1 . Power line carrier
2. Line matching unit



۱ : مسیر عبور انرژی
۲: پست
۳ : موج گیر
۴ : مسیر انتقال سیگنال مخابراتی
۵ : خازن کوپلینگ
۶ : واحد تطبیق امپدانس (LMU)
۷ : تجهیز PLC
۸ : خط ولتاژ بالا

شکل ۱-۲ : اجزا و اصول کار یک سیستم PLC

فرکانس سیگنالهای مخابراتی در بازه ۳۰ الی ۵۰۰ کیلوهرتز قرار دارد. چنین پهنای باند گسترده‌ای علاوه بر اینکه امکان انتقال حجم بالای اطلاعات را فراهم می‌کند، امکان جداسازی انواع مختلف سیگنال را نیز مهیا می‌سازد.

همانطور که در شکل (۱-۲) مشاهده می‌شود، موج‌گیر[1] مانع عبور سیگنال مخابراتی به پست شده، در حالی که سیگنال انرژی (فرکانس قدرت) بدون مشکل عبور کرده و وارد پست می‌گردد.

خازن‌های کوپلینگ[2] مانع عبور سیگنال انرژی به بخش مخابراتی و یا به عبارتی PLC می‌گردند و به عبارت دیگر موج‌گیر به همراه واحدهای کوپلاژ، سیستم انتقال مخابراتی و قدرت را از هم تفکیک می‌کند.

۱-۲- وظایف و عملکرد موج‌گیر

به طور کلی موج‌گیر اتصال موازی یک پیچک اصلی[3]، وسیله محافظتی[4] به همراه سیستم همسازگر[5] است که به صورت سری با خط انتقال قرار گرفته و در فرکانس قدرت، امپدانس ناچیز و در فرکانسهای بالای مخابراتی امپدانس بزرگی از خود نشان می‌دهد.

یک موج‌گیر اساساً یک فیلتر میان‌نگذر[6] است که برای جلوگیری از عبور ناخواسته امواج حامل اطلاعات[7] در شبکه قدرت نصب می‌گردد. در حالی که امپدانس ورودی موج‌گیر برای موج فرکانس پایین قدرت قابل اغماض است، این وسیله امپدانس قابل ملاحظه‌ای در برابر امواج فرکانس بالای مخابراتی از خود نشان می‌دهد. به طور خلاصه می‌توان دو هدف عمده به‌کارگیری موج‌گیرها در شبکه‌های قدرت را به شرح زیر برشمرد :

الف- حفظ یک امپدانس مشخص در گستره فرکانسی موردنظر، صرفنظر از شرایط شبکه فشار قوی پشت موج‌گیر. تحت شرایط عادی، شبکه فشار قوی پشت موج‌گیر به دلیل کلیدزنی دارای امپدانسهای مختلف است و تحت شرایط غیر عادی

1. Line trap (wave trap)
2 . Coupling capacitor
3. Main coil
4. Protective device
5. Tuning device
6. Band stop filter
7. Information carrier signals

هم چون اتصال کوتاه این امپدانس می‌تواند به صفر برسد. لازم است که تحت کلیه این شرایط، موج‌گیر یک امپدانس بالا در مقابل سیگنال مخابراتی از خود نشان دهد که لازمه عملکرد مناسب شبکه مخابراتی است.

ب- محدود کردن سیگنالهای مخابراتی به بخشی از شبکه انتقال انرژی که موج‌گیر در انتهای آن قرار دارد. نفوذ سیگنال مخابراتی به شبکه پشت موج‌گیر اولاً باعث تلفات سیگنال مخابراتی در ادوات قدرت شده و ثانیاً باعث تداخل فرکانسی بخشهای مختلف سیستم مخابراتی می‌گردد. اگر بتوان سیگنالهای مخابراتی را در یک بخش از شبکه قدرت محدود کرد، می‌توان از پهنای باندها و فرکانسهای یکسان در قسمتهای ایزوله شبکه قدرت از نظر مخابراتی استفاده نمود.

در صورت لزوم ممکن است در محل انشعاب یک خط قدرت[1] نیز یک موج‌گیر برای منظورهای مشابه نصب گردد. این ویژگی می‌تواند نتایج مختلفی در برداشته باشد. اولاً می‌توان فرستنده‌های مخابراتی را تحت شرایط یکسان با قدرتهای کوچکتری انتخاب نمود و ثانیاً به دلیل تداخل کمتر در خطوط و شبکه‌های مجاور در فواصل کمتری بازه فرکانسی به کار برده شده را مجدداً و در جای دیگر شبکه استفاده نمود و به این ترتیب استفاده از گستره فرکانسی سیستم PLC را بهینه ساخت. نهایتاً اینکه چنانچه در شبکه بیش از یک مسیر بین مبدا و مقصد وجود داشته باشد (شبکه‌های از چند سو تغذیه)، موج‌گیرها مانع دریافت چندباره امواج مخابراتی ناهمفاز می‌شوند.

۱-۳- ساختمان، اجزا و مدل الکتریکی

موج‌گیر بخشی از سیستم PLC است که دیاگرام سایر اجزا آن در شکل ۱-۳ آمده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود موج‌گیر به صورت سری با خط انتقال ورودی و یا خروجی به پست نصب می‌گردد و به همراه سایر ادوات PLC وظیفه ایجاد یک کانال مخابراتی را بر عهده دارد.

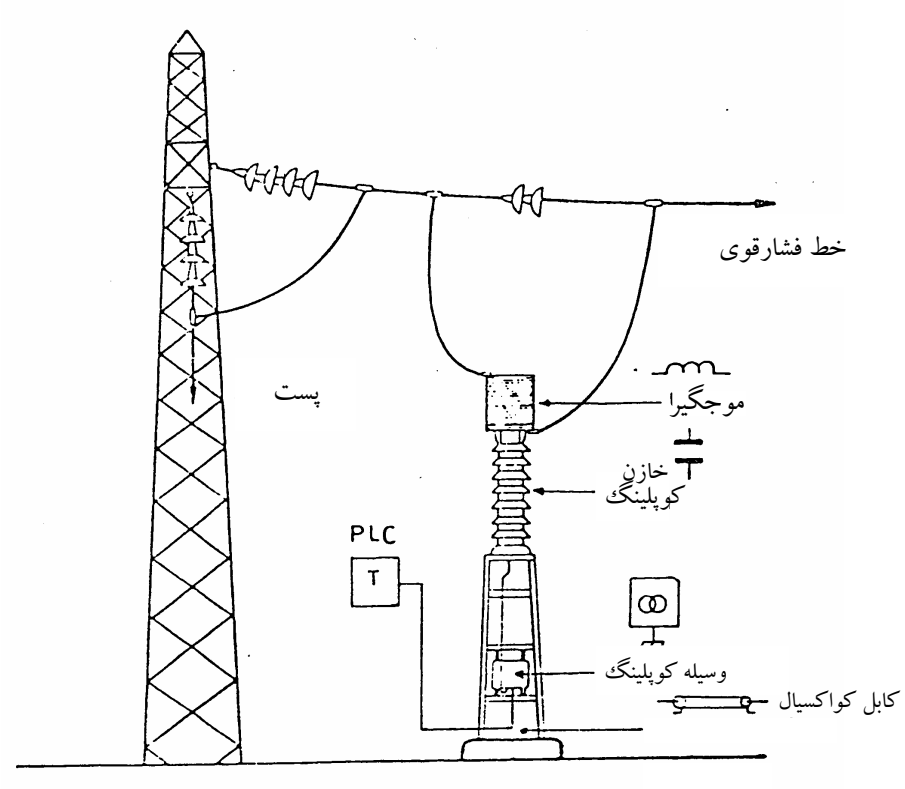
موج‌گیر خود از سه بخش اصلی به شرح زیر تشکیل شده است:

الف ـ پیچک اصلی[2]

ب ـ وسیله تنظیم[3] (همسازگر)

ج ـ وسیله محافظ[4] (برق‌گیر)

1. T-off connection
2 . Main coil
3 . Tuning device
4 . Protective device



شکل ۱-۳: اتصال یک واحد PLC

پیچک اصلی یک سیم‌پیچ با هسته هوائی است که به صورت سری در حد فاصل نقطه تزریق یا برداشت امواج مخابراتی و سایر تجهیزات پست نظیر شینه‌ها، کلیدها و ترانسفورماتورها نصب می‌گردد. به همین دلیل باید دارای استقامت کافی برای تحمل انواع تنشهای شبکه قدرت باشد. وسیله تنظیم از یک مجموعه قطعات الکترونیکی تشکیل شده که برای افزایش استقامت آنها در برابر شرایط بیرونی[1]، درون یک محفظه جاسازی می‌شوند. وسیله تنظیم یک سیستم غیرفعال[2] است که به همراه پیچک اصلی تشکیل یک فیلتر میان‌نگذر می‌دهد. وسیله محافظ معمولاً یک برقگیر از نوع متعارف و یا اکسید فلزی است که وظیفه محافظت از پیچک اصلی و وسیله تنظیم در برابر اضافه ولتاژهای گذرا را به عهده دارد.

همانطور که شکل (۱-۴) نشان می‌دهد اجزا اصلی موج‌گیر به صورت موازی به هم متصل شده و مجموعه به صورت سری در خط انتقال قرار می‌گیرد. در شرایط عادی بهره‌برداری موج‌گیر به صورت یک فیلتر میان‌نگذر در یک یا چند فرکانس یا گستره فرکانسی مخابراتی عمل کرده و وسیله محافظ غیر فعال است.

1 . Outdoor
2 . Passive

S : پست

LT: موج‌گیر

PD : وسیله محافظ

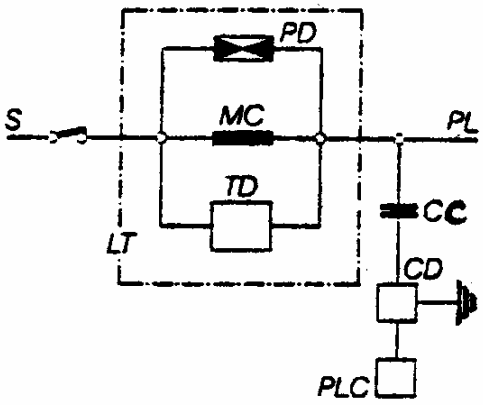
MC: پیچک اصلی

TD : وسیله تنظیم

CC : خازن کوپلاژ

CD : واحد تطبیق امپدانس

PL: خط ولتاژ بالا.



شکل ۱-٤: اجزا اصلی موج‌گیر

سایر اجزا فرعی موج‌گیر در شکل (۱-۵) نشان داده شده است. در بررسی دقیق فنی جهت انتخاب و نصب موج‌گیر لازم است مشخصه‌های الکتریکی و غیر الکتریکی این اجزا نیز مورد توجه قرار گیرد :

۱- پیچک اصلی

۲- وسیله تنظیم

۳- وسیله محافظ

۴- پایانه‌های اتصال موج‌گیر به شبکه[۱]

۵- حلقه‌های محافظ کرونا[۲]

۶- فلکه‌های زیرین و زبرین[۳]

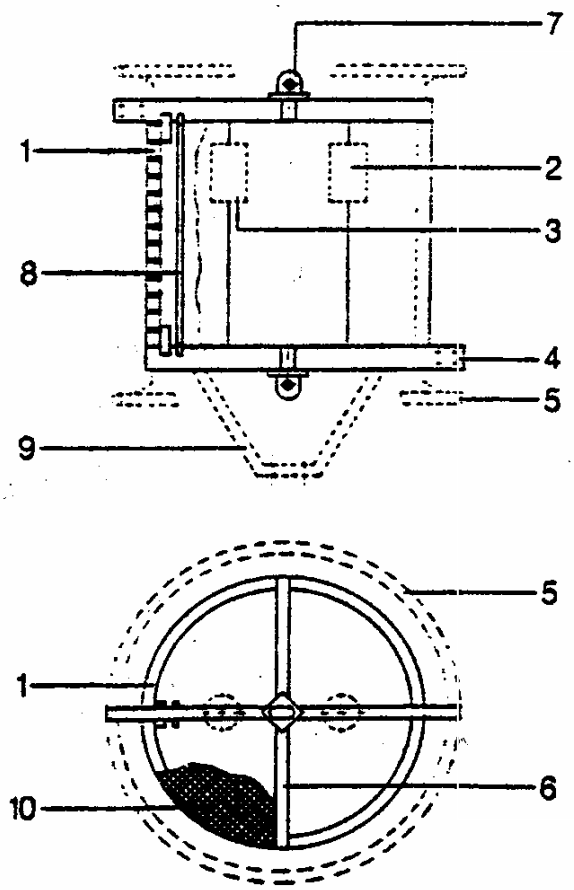
۷- حلقه آویز[۴]

۸- تسمه نگهدارنده[۵]

۹- پایه[۶] جهت نصب موج‌گیر روی مقره اتکائی[۷]، خازن تزویج[۸] و یا ترانسفورماتور ولتاژ خازنی[۹]

۱۰- پرنده‌گیر[۱۰] (توری جهت ممانعت ورود اشیاء خارجی)

1. Terminals
2. Corona guard ring
3. Upper and lower spiders
4. lifting eye
5. Insulated tie bars
6. Pedestal (support for pedestal mounting)
7. Support insulator
8. Coupling capacitor
9. CVT
10. Bird barrier



۱ : پیچک اصلی
۲ : وسیله تنظیم
۳ : وسیله محافظ
۴ : ترمینالها
۵ : حلقه‌های محافظ کرونا
۶ : فلکه
۷ : حلقه‌آویز
۸ : تسمه نگهدارنده
۹ : پایه
۱۰ : توری پرنده‌گیر

شکل ۱-۵ : اجزا اصلی و فرعی یک موج‌گیر

۱-۳-۱- ساختار اجزا موج‌گیر

۱-۳-۱-۱- پیچک اصلی

پیچک اصلی در محل ورود خط انتقال به پست فشار قوی و سری با خط قرار می‌گیرد. به همین دلیل پیچک اصلی که رابط شبکه انتقال و پست فشار قوی است، علاوه بر شرایط آب و هوایی محل پست باید قادر باشد کلیه مشخصات خط انتقال نظیر جریان نامی، جریان اتصال کوتاه، تنشهای ولتاژی و مکانیکی شبکه را تحمل کند. از آن جا که موج‌گیر یک المان سری در خط است بایستی از طراحی با کیفیت بالایی برخوردار باشد. به بیان دیگر طرح آنها باید به گونه‌ای باشد که در طول عمر مفید خود با حداقل تعداد خرابی و زمان تعمیر مواجه گردند؛ زیرا هر بار خارج شدن موج‌گیر از مدار به معنی از دست دادن یک خط انتقال نیرو می‌باشد. در خطوط انتقال EHV[1] که دسترسی خط از اهمیت بالایی برخوردار است، از موج‌گیرهای فاقد همسازگر[2] که خودتنظیم[3] نیز خوانده می‌شوند، استفاده می‌شود. امتیاز بزرگ این موج‌گیرها آن است که به زمان مربوط به تنظیم، تعمیر و نگهداری وسیله تنظیم (همسازگر) احتیاج نداشته و در نتیجه آمادگی موج‌گیر و به تبع آن آمادگی خط انتقال افزایش می‌یابد. موج‌گیرهای فاقد همسازگر

1 .Extra high voltage
2. Untuned
3. Self-tuning

معمولاً از اندوکتانس بالایی برخوردارند (۰/۵ میلی‌هانری یا بیشتر) و تحت شرایط کلیدزنی خاصی ممکن است با خازن معادل تجهیزات پست تشکیل یک مدار تشدید سری بدهند. تشدید سری بیشتر در مواقعی رخ می‌دهد که کلیدها باز هستند، به عبارت دیگر خط بی‌برق[1] است.

پیچک اصلی اساساً از یک هادی که به صورت سیلندری پیچیده می‌شود، تشکیل شده است. دو انتهای پیچک به پایانه‌هایی ختم می‌شوند که از یک طرف به محل اتصال خط انتقال و خازن تزویج و از سمت دیگر به پست فشار قوی متصل می‌گردد. هادی پیچک اصلی غالباً از جنس آلومینیوم و به صورت رشته‌ای[2] با مقطع مستطیلی است و در پاره‌ای موارد از جنس مس و به صورت مقطع دایره‌ای است. عایق‌بندی حدفاصل حلقه‌های مجاور در پیچک به دو روش کلی انجام می‌شود که هریک دارای مزایا و معایب خاص خود است.

- عایق هوایی[3]

در این روش هادی پیچک اصلی فاقد پوشش عایقی بوده و مستقیماً با هوای آزاد در تماس است. استقامت الکتریکی میان حلقه‌ها توسط بازه‌های هوایی و استقامت مکانیکی آنها توسط مجموعه‌ای از جداکننده‌ها[4] و تسمه‌های عایقی از جنس الیاف شیشه‌ای مقاوم در برابر شرایط جوی تامین می‌گردد. در هنگام بروز اتصال کوتاه، نیروهای حاصله توسط این جداکننده‌ها و تسمه‌های عایقی جذب می‌شوند.

با این آرایش، تک رشته‌های تشکیل‌دهنده کلاف اصلی در مجاورت هوا اکسید شده و یک پوسته عایقی در سطح خود پدید می‌آورند. این پوسته‌های عایقی می‌توانند شدت جریانهای گردابی ناشی از میدان مغناطیسی قوی پیرامون پیچک را تقلیل داده و از تلفات حرارتی آن بکاهند. به طور کلی با افزایش ولتاژ نامی موج‌گیر، سهم تلفات آهنی در کل تلفات پیچک اصلی بیشتر می‌شود.

امتیاز دیگر ساختمان بدون پوشش هادیها تبادل حرارتی آسانتر و بدون واسطه با محیط اطراف است. در این ساختار پیچک اصلی مستقیماً در معرض آلودگی محیط واقع می‌شود و ممکن است در شرایط بحرانی، فواصل خزشی بین حلقه‌ای[5] نیازمند توجه ویژه باشند. در این روش لازم است برای جلوگیری از ورود ناخواسته اشیاء خارجی مثل پرندگان و ایجاد اتصال کوتاههای موضعی، طرفین پیچک به تورهای پرنده‌گیر مجهز گردند. مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ عبور کره‌ای به قطر ۱۶ میلی‌متر از میان توری نباید میسر باشد.

- پیچک اصلی با پوشش عایقی[6]

در این روش ابتدا هادیها در یک پوشش عایقی از جنس الیاف شیشه‌ای و رزین پوشانده شده و در مرحله بعد پیچانده می‌شوند. به این ترتیب بین هر دو حلقه مجاور دو لایه عایقی قرار گرفته و پیچک از استقامت مناسب در برابر تنشهای الکتریکی و مکانیکی برخوردار خواهد بود. در این وضعیت برخلاف روش اول که نیروهای مکانیکی را تنها نقاط خاصی از محیط حلقه که مجهز به

1. Deenergized line
2. Stranded
3. Air insulated or non insulated
4. Spacers
5. Inter turn creepage distance
6. Insulated

جداکننده و تسمه‌های عایقی هستند، تحمل می‌کنند، نیروهای مکانیکی در امتداد محیط حلقه به صورت یکنواخت توزیع می‌شود. در این روش هادی پیچک اصلی در مجاورت هوای آزاد قرار ندارد. به همین دلیل مشکل آلودگی محیط و اتصال کوتاه بین حلقه‌ای در اثر ورود اشیاء خارجی به درون پیچک مطرح نبوده و بنابراین نیاز واقعی به توری پرنده‌گیر وجود ندارد، هر چند که استفاده از توری پرنده‌گیر در همه موارد پیشنهاد شده است.

به کار بردن روکش عایقی روی هادی پیچک اصلی، ظرفیت خازنی[1] پیچک را افزایش داده و به این ترتیب فرکانس تشدید خودی آن را کوچکتر می‌نماید. این پدیده از دید شبکه مخابراتی مطلوب نیست چرا که با نزدیک شدن به فرکانس تشدید، خاصیت سلفی پیچک اصلی تضعیف شده و با عبور از فرکانس تشدید خاصیت خازنی جایگزین آن می‌شود.

از نظر مکانیکی حداکثر نیروی وارده به موج‌گیر، حین عبور جریان اتصال کوتاه و در پیک نخست آن اتفاق می‌افتد. علاوه بر نیروهای وارده در دو جهت محوری و شعاعی، باید نیروهایی را که از طریق ترمینالها اعمال می‌شوند نیز در نظر گرفت. معمولاً کنترل نیروهای وارده از طریق ترمینالها با اصلاح آرایش فیزیکی آنها صورت می‌گیرد. همچنین باید از عبور جریان اتصال کوتاه از طریق فلکه‌ها احتراز شود، زیرا این پدیده سبب ظهور نیروهای الکترومغناطیسی بزرگ می‌گردد. مقطع هادی پیچک اصلی غالباً به صورت مستطیلی ساخته می‌شود، به این ترتیب پیچک از استقامت بیشتری برخوردار خواهد بود. بارگذاریهای ناشی از باد یخ، برف و زلزله کمتر خود موج‌گیر را متأثر کرده و بیشتر از نظر پایه یا آویز نگهدارنده حائز اهمیت هستند.

۱-۳-۱-۲- وسیله تنظیم (همسازگر)

وسیله تنظیم، آرایشی از خازنها، سلفها و مقاومتها است که از نظر فیزیکی در داخل و از نظر الکتریکی موازی با پیچک اصلی نصب می‌شوند. از دید شبکه مخابراتی، وسیله تنظیم به همراه پیچک اصلی به صورت یک فیلتر با یک یا چند فرکانس قطع و یا یک بازه قطع گسترده عمل می‌کنند.

همانطور که قبلاً هم گفته شد یک موج‌گیر باید از طراحی با کیفیت بالایی در طول عمر خود بهره‌مند باشد. چراکه هر بار تعمیر موج‌گیر و یا تعویض و تنظیم مجدد وسیله تنظیم به معنی قطع و از دست دادن یک خط انتقال نیرو است. طراحی وسیله تنظیم باید آنچنان باشد که به دلیل افزایش درجه حرارت و یا میدان مغناطیسی در دورن پیچک اصلی هیچگونه آسیب فیزیکی ندیده و نیز تغییر قابل توجهی در مشخصه قطع و یا سدکنندگی[2] موج‌گیر به وجود نیاید. برای حفاظت اجزا وسیله تنظیم در برابر شرایط آب و هوایی مختلف بایستی این اجزا در یک محفظه غیر قابل نفوذ جاسازی شوند. جهت حفاظت وسیله تنظیم در برابر تنشهای ولتاژی باید در تعیین استقامت عایقی آن از یک حاشیه ایمنی مطمئن (طبق استاندارد حداقل ۳۰٪) نسبت به اضافه ولتاژهای موقت و سطوح حفاظتی وسیله محافظ استفاده شود. وسیله تنظیم بایستی آنچنان در داخل پیچک اصلی نصب گردد که امکان تعویض یا تنظیم آن بدون پایین آوردن موج‌گیر ممکن باشد.

1. Self capacitance
2. Blocking characteristics

۱-۳-۱-۳- وسیله محافظ (برق‌گیر)

وسیله محافظ نیز مانند وسیله تنظیم از نظر فیزیکی در داخل و از نظر الکتریکی موازی با پیچک اصلی نصب می‌شود. شرایط گفته شده در بند ۱-۳-۱-۲ درباره تنشهای داخل پیچک اصلی در مورد وسیله محافظ نیز صادق است و طراحی آن باید با توجه به چنین محیطی انجام گیرد. وسیله محافظ معمولاً یک برقگیر از نوع متعارف یا اکسید فلزی بوده و از سازندگان مربوطه تهیه و روی موج‌گیر نصب می‌گردد.

۱-۳-۱-٤- اجزا فرعی موج‌گیر

ولتاژ و جریانهای نامی پیچک اصلی موج‌گیر، نیروهای مکانیکی حین اتصال کوتاه و جنس اتصالات مهمترین عوامل در تعیین شکل، تعداد، جنس و محل استقرار پایانه‌های موج‌گیر هستند. پایانه‌ها عموماً به دو صورت تخت[1] یا گرد[2] ساخته می‌شوند. محل استقرار پایانه‌ها از نظر توزیع نیروهای مکانیکی در هنگام اتصال کوتاه حائز اهمیت بسیاری است. سازندگان غالباً الگوهای مختلفی برای شکل، جنس و محل استقرار پایانه‌ها ارائه می‌دهند که خریدار می‌تواند از بین آنها الگوی مناسب را انتخاب کند.

پیچک اصلی در دو انتها به دو فلکه ۴، ۶ و یا ۸ بازویی ختم می‌شود. فلکه‌ها از مواد غیرمغناطیسی ساخته می‌شوند تا از گرم شدن آنها در مجاورت میدانهای مغناطیسی قوی درون و پیرامون پیچک جلوگیری به عمل آید. با این ساختار پیچک اصلی می‌تواند توسط یک پایه نگهدارنده روی مقره‌های اتکائی، خازن تزویج و یا CVT نصب گردد. پایه مذکور نیز از مواد غیرمغناطیسی ساخته شده و ارتفاع آن با توجه به جلوگیری از انتقال حرارت غیر مجاز به مقره‌های اتکائی، خازن تزویج و یا CVT تعیین می‌شود.

به کمک حلقه‌های آویز می‌توان موج‌گیر را از دو یا چند زنجیره مقره آویخت. به منظور جلوگیری از نوسان موج‌گیرهای آویزی و حفظ حداقل فواصل هوایی مجاز، آنها را توسط حلقه لنگر[3] مهار می‌کنند. در موج‌گیرهایی که به صورت آویز نصب می‌شوند نقش تسمه‌های نگهدارنده که فلکه‌های زیرین و زبرین را به یکدیگر مهار می‌کنند، اهمیت می‌یابد.

مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ استقامت کششی موج‌گیرهای آویزی حداقل باید دو برابر وزن موج‌گیر به علاوه ۵ کیلونیوتن باشد.

در ولتاژهای بالا از حلقه‌های محافظ کرونا و برحسب نیاز از توری پرنده‌گیر استفاده می‌شود.

۱-۳-۲- مدل الکتریکی

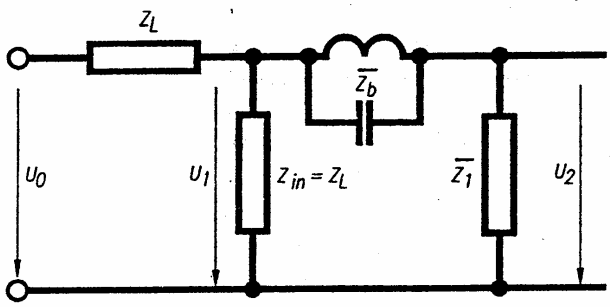
از نظر الکتریکی موج‌گیر به صورت یک امپدانس مختلط Z_b معروف به امپدانس سدکننده[4] مدل می‌شود. اندازه این امپدانس وابسته به فرکانس خواهد بود و به صورت ایده‌آل موج‌گیر بایستی در فرکانس قدرت امپدانس صفر و در گستره فرکانس سیستم مخابراتی امپدانس بینهایت از خود نشان دهد. شکل (۱-۶) مدل الکتریکی موج‌گیر به همراه سایر ادوات و شبکه قدرت را نشان می‌دهد.

1. Flat pad
2. Stud type
3. Anchor ring
4. Blocking impedance

امواج حامل توسط فرستنده PLC در ابتدای خط ارسال شده (U_0) و سیگنال U_1 موج فرکانس بالایی است که توسط واحدهای کوپلاژ دریافت می‌شود. سیگنال نفوذی به پشت موج‌گیر با U_2 نشان داده می‌شود که هر چه این سیگنال کوچکتر باشد عملکرد موج‌گیر مناسبتر است.

همان طور که مشاهده می‌شود تنها بخشی از سیگنال ارسالی U_0 توسط واحد کوپلاژ جذب می‌شود (U_1) و هرچه U_1 بزرگتر باشد عملکرد موج‌گیر مناسبتر است.

از نظر کمی میزان تضعیف دامنه سیگنال مخابراتی به علت بینهایت نبودن امپدانس سدکننده موج‌گیر توسط کمیتی به نام تلفات نقطه انشعاب موج‌گیر[1] و میزان نفوذ امواج حاصل به شبکه پشت موج‌گیر به دلیل ایده‌آل نبودن مشخصه امپدانسی موج‌گیر در بازه قطع توسط کمیتی به نام سدکنندگی موج‌گیر[2] سنجیده و بیان می‌شوند.



شکل ۱-٦: مدل الکتریکی موج‌گیر و شبکه قدرت

در این شکل :

Z_L : امپدانس موجی خط انتقال[3] (درحدود ۳۰۰ تا ۶۰۰ اهم بسته به سطح ولتاژ)

Z_{in} : امپدانس ورودی مجموعه سری خازن تزویج – ابزار تزویج که فرض می‌شود برابر با امپدانس موجی خط انتقال باشد.

$\overline{Z}_b$: امپدانس سدکننده موج‌گیر

$\overline{Z}_1$: امپدانس شبکه پشت موج‌گیر

U_0 : سیگنال فرکانس بالای ارسالی توسط فرستنده PLC

U_1 : سیگنال فرکانس بالای دریافتی در محل اتصال موج‌گیر و خازن تزویج به خط انتقال

U_2 : سیگنال فرکانس بالای نفوذی به شبکه پشت موج‌گیر

بسته به مشخصه امپدانس سدکنندگی بر حسب فرکانس، موج‌گیرهایی با یک فرکانس، دو فرکانس، چند فرکانس قطع و یا گستره قطع ساخته می‌شوند.

1. Tapping loss
2. Blocking attenuation
3. Surge impedance

۱-٤- نحوه اتصال، نصب و کوپلینگ

۱-٤-۱- نحوه اتصال موج‌گیر به شبکه فشارقوی

موج‌گیر در انتهای خط انتقال نیرو و در نقطه ورود به پست قرار گرفته و به صورت سری به شبکه متصل می‌گردد. از آن جا که موج‌گیر به صورت سری با خط قرار می‌گیرد بایستی قادر باشد آثار الکتریکی، مکانیکی و حرارتی مختلفی را که از جریانهای نامی و اتصال کوتاه شبکه ، اضافه ولتاژهای صاعقه و کلیدزنی و... ناشی می‌شوند و نیز شرایط آب و هوائی و محیطی از قبیل آلودگی را به خوبی تحمل نماید. انتخاب فاز یا فازهای مورد نظر جهت نصب موج‌گیر بسته به طرح کوپلینگ انتخابی دارد که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

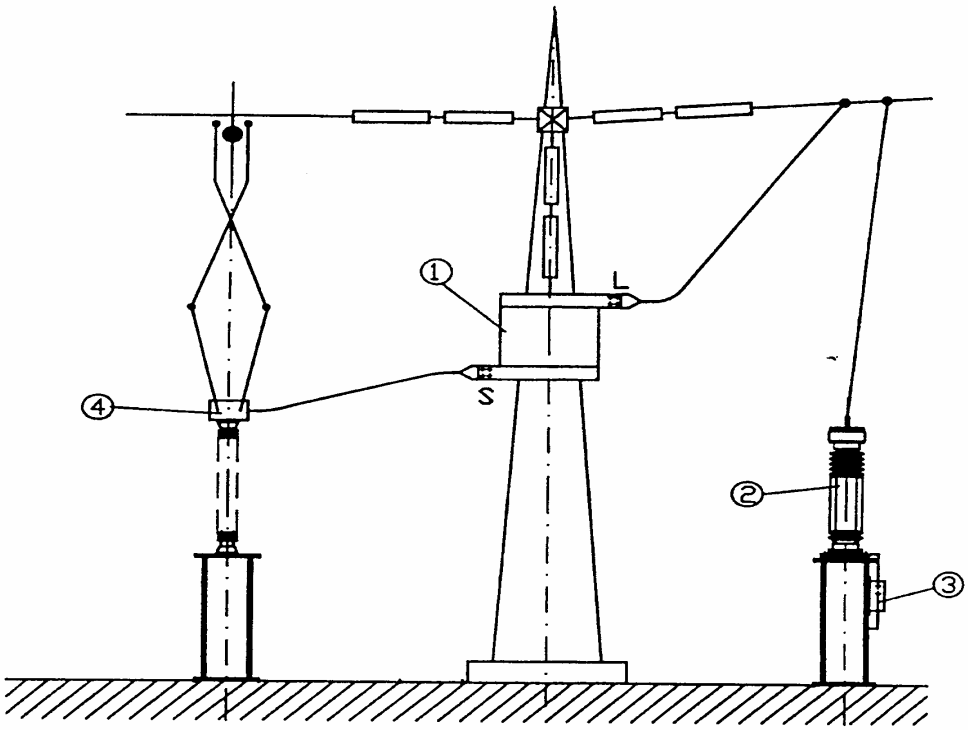
۱-٤-۲- نحوه نصب موج‌گیر در پست فشارقوی

موج‌گیر به دو شکل کلی در پست فشارقوی نصب می‌گردد :

الف- نصب موج‌گیر به صورت آویز[1]

موج‌گیرهایی که قرار است به صورت آویز نصب گردند باید به حلقه‌های آویز[2] مجهز باشند. معمولاً این حلقه‌ها به طور مستقیم به فلکه متصل می‌گردند و تعداد آنها بسته به بزرگی موج‌گیر ممکن است به دو، سه و یا چهار عدد نیز افزایش یابد. در این طریقه نصب، ابعاد موج‌گیر باید از لحاظ فواصل هوایی مجاز[3] میان فازهای مجاور و فازها و گنتری مورد توجه قرار گیرند. گاهی اوقات ممکن است لازم باشد برای جلوگیری از نوسان موج‌گیر و حفظ فواصل هوائی مجاز، از یک حلقه لنگر[4] که به فلکه زیرین متصل شده و موج‌گیر توسط آن مهار می‌شود، کمک گرفته شود. به علاوه در این نحوه اتصال، وزن موج‌گیر در رابطه با استقامت کششی آن که به تعداد و استقامت کششی تسمه‌های نگهدارنده بستگی دارد، اهمیت می‌یابد. شکل (۱-۷) نحوه نصب موج‌گیر به صورت آویزی را نشان می‌دهد.

1. Suspension mounting
2. Suspension ring
3. Clearance
4. Anchor ring

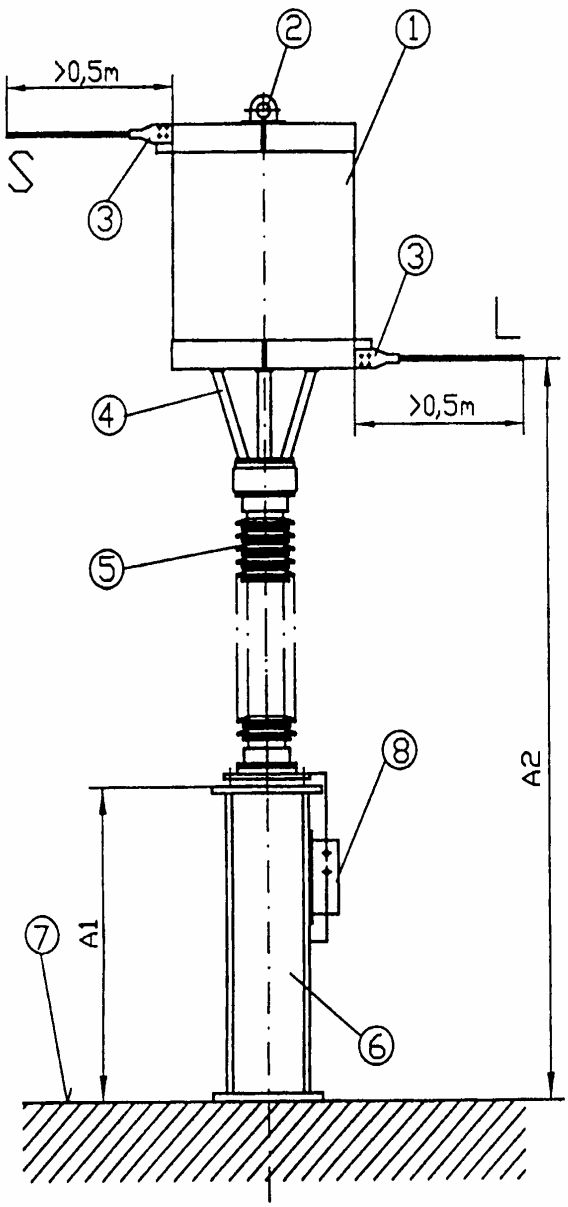


۱-۷: نصب موج‌گیر به صورت آویز

ب) نصب موج‌گیر روی پایه

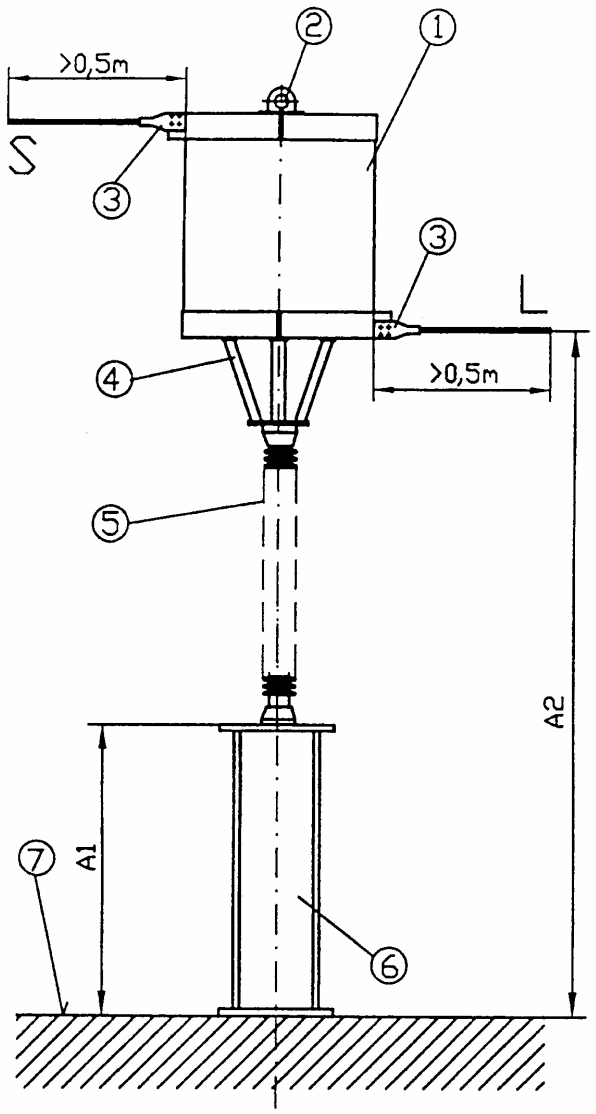
در این روش نصب، موج‌گیر به یک پایه مجهز شده و روی مقره‌های اتکائی نصب می‌گردد. موج‌گیرهای کوچک یا متوسط با وزن و ابعاد کم را معمولاً می‌توان روی خازن کوپلاژ و یا CVT نصب نمود. به همین دلیل در رده‌های ولتاژی پایین‌تر از ۲۳۰ کیلوولت موج‌گیرها بر روی CVT و در رده ولتاژی ۲۳۰ کیلوولت و بیشتر با توجه به ابعاد و وزن آنها روی پایه نصب می‌شوند. توصیه می‌شود در مناطق زلزله‌خیز نصب موج‌گیر فقط به صورت آویزی انجام شود. در مناطقی که فضا کم است، بهتر است از موج‌گیر آویزی استفاده شود. از لحاظ بهره‌برداری نصب موج‌گیر روی مقره اتکائی بهتر از نصب به صورت آویزی می‌باشد. در ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت به دلیل وزن زیاد موج‌گیر نمی‌توان آن را به صورت آویزی نصب نمود.

شکل (۱-۸) و (۱-۹) به ترتیب نحوه نصب موج‌گیر بر روی خازن کوپلاژ یا CVT و نحوه نصب بر روی مقره اتکائی مستقل را نشان می‌دهد.



1- موج گیر
2- حلقه آویز
3- ترمینال
4- پایه
5- خازن کوپلینگ یا CVT
6- استراکچر
7- سطح زمین
8- واحد تطبیق امپدانس
S: طرف پست
L: طرف خط

شکل ۱-۸ : نصب موجگیر بر روی خازن کوپلاژ یا CVT



1- موج گیر
2- حلقه‌آویز
3- ترمینال
4- پایه
5- مقره اتکائی
6- استراکچر
S: طرف پست
L: طرف خط

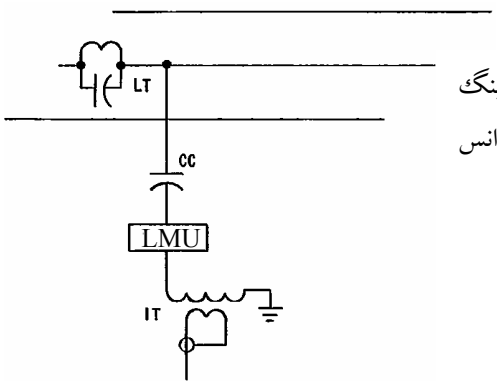
شکل ۱-۹: نصب موج‌گیر بر روی مقره اتکائی مستقل

۱-٤-۳- روشهای کوپلینگ

بسته به این که از یک یا چند فاز خط انتقال بخواهیم جهت ارسال اطلاعات استفاده کنیم، روش کوپلینگ متفاوت خواهد بود. روش کوپلینگ واحد تطبیق امپدانس ممکن است به صورت تکفاز، یا دو فاز و یا سه فاز انجام گیرد که در این صورت وسیله کوپلاژ روی تکفاز، یا دو فاز یا هر سه فاز نصب می‌شود. انتخاب یکی از روش‌های کوپلینگ فوق به عوامل مختلفی بستگی داشته و بسته به نیاز و مشخصه‌های شبکه قدرت و سیستم مخابراتی آن تعیین می‌شود. در ادامه انواع روش‌های کوپلینگ آورده شده است.

الف- کوپلینگ فاز به زمین[1]

در این روش وسیله کوپلاژ بین یک فاز و زمین نصب می‌شود و تنها یک موج‌گیر برای هر نقطه کوپلینگ مورد نیاز است. به همین دلیل این روش نسبت به کوپلینگ فاز به فاز اقتصادی‌تر است اما قابلیت اطمینان کانال مخابراتی نسبت به کوپلینگ فاز به فاز کمتر خواهد بود. همچنین تضعیف سیگنال مخابراتی در این حالت بیشتر است. کوپلینگ فاز به زمین در شکل (۱-۱۰) نشان داده شده است.



CC: خازن کوپلینگ

IT: ترانسفورماتور تنظیم‌کننده امپدانس

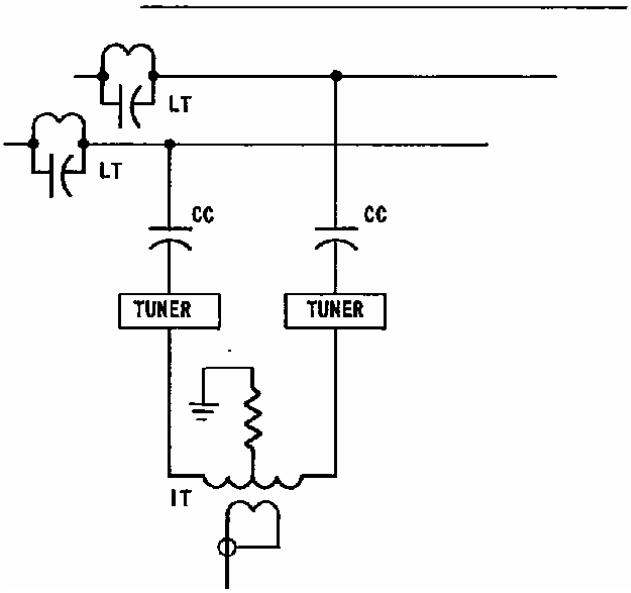
شکل ۱-۱۰: کوپلینگ فاز به زمین

به دلیل مزیتهای اقتصادی، این روش کوپلینگ در مواردی استفاده می‌شود که قابلیت اطمینان مخابراتی از اهمیت بالایی برخوردار نباشد.

ب- کوپلینگ فاز به فاز[2]

در این روش در هر نقطه کوپلینگ دو موج‌گیر مورد نیاز است و هزینه‌ها تقریباً دو برابر کوپلینگ فاز به زمین خواهد بود. با این حال در این روش تضعیف سیگنال مخابراتی کمتر، قابلیت اطمینان بالاتر و تداخل کمتر خواهد بود. از آن جا که تقریباً ۸۰٪ خطاهای خط، خطای تکفاز هستند این روش کوپلینگ از امنیت[3] بالاتری برخوردار خواهد بود. کوپلینگ فاز به فاز در شکل (۱-۱۱) نشان داده شده است.

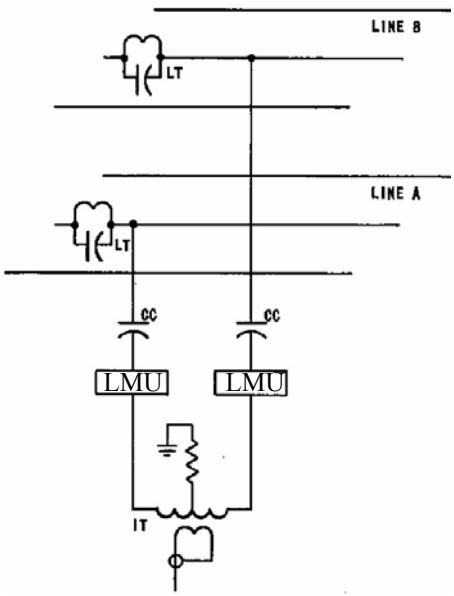
1. Phase to earth coupling
2. Phase to phase coupling
3. Security



شکل ۱-۱۱: کوپلینگ فاز به فاز

ج- کوپلینگ بین مداری[1]

هنگام وجود خطوط دو مداره می‌توان کوپلینگ فاز به فاز را بین دو فاز از دو مدار مختلف انجام داد. در این روش در صورتی که یکی از مدارها به طور کامل از سرویس خارج شود هم چنان ارتباط مخابراتی برقرار می‌ماند. کوپلینگ بین مداری در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است.

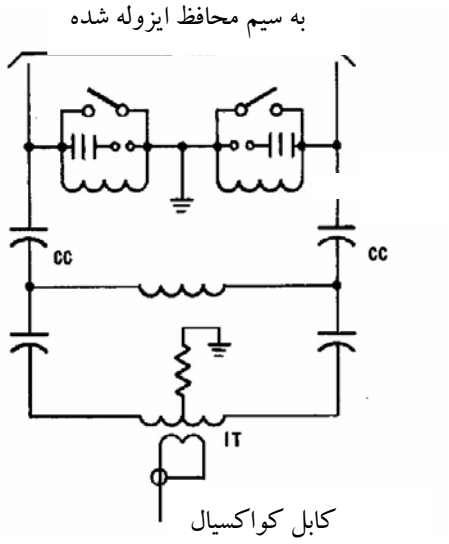


شکل ۱-۱۲: کوپلینگ بین مداری

1. Inter – circuit coupling

د- کوپلینگ سیم محافظ عایق شده[1]

عایق کردن سیمهای محافظ از برجهای خط انتقال بازدهی و عملکرد مناسب آنها را در برابر حفاظت صاعقه کاهش نمی‌دهد و به همین دلیل می‌توان از خطوط محافظ عایق شده جهت انتقال سیگنال مخابراتی استفاده کرد. مزیت این روش آن است که موج‌گیر استفاده شده لازم نیست در سطح ولتاژ خط و جریان نامی خط کار کند. در این روش در صورتی که مسیر خط محافظ طولانی باشد، هزینه عایقها مقدار صرفه‌جویی در ادوات کوپلینگ را جبران کرده و مزیت اقتصادی این روش از بین می‌رود. همچنین در این روش تضعیف سیگنال مخابراتی به طور کلی به دلیل جنس سیم محافظ بیشتر از سایر روشها است. این نوع کوپلینگ در شکل (۱-۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۳: کوپلینگ سیم محافظ عایق شده

هـ - کوپلینگ به کابل[2]

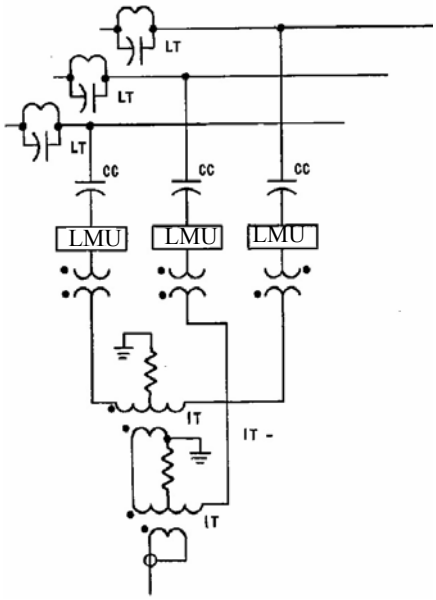
به طور کلی کوپلینگ به کابل قدرت با همان روشهای کوپلینگ به خطوط هوایی انجام می‌گیرد و در این حالت می توان از کوپلینگ فاز به فاز و یا فاز به زمین استفاده کرد که کوپلینگ فاز به فاز تضعیف کمتری خواهد داشت. در مقایسه با خطوط هوائی، امپدانس مشخصه کابلهای قدرت ۱۰ تا ۲۰ بار کوچکتر است. در نتیجه اندوکتانس موج‌گیر مورد استفاده کوچکتر خواهد بود.

جزئیات مربوط به نحوه کوپلینگ در استانداردهای IEC شماره ۶۰۶۶۳ و ANSI/IEEE شماره ۶۴۳ آمده و طرح مخابراتی سیستم شامل نحوه کوپلینگ به عنوان یک پیش فرض در انتخاب موج‌گیر در نظر گرفته می‌شود.

1. Insulated earth wire coupling
2. Coupling to power cables

و- کوپلینگ سه فاز(مد۱)[1]

اگر چه در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۶۳ از این کوپلینگ نام برده نشده، اما استاندارد ANSI/IEEE شماره ۶۴۳ این کوپلینگ را به عنوان طرحی با کمترین تلفات ذکر کرده است. قابلیت اطمینان این کوپلینگ بسیار بالا است چرا که خطاهای تکفاز به زمین و دو فاز به زمین نمی‌تواند انتقال سیگنالهای مخابراتی را مختل کند. اما در مقابل از نظر اقتصادی بسیار پرهزینه است چراکه در هر نقطه کوپلینگ سه سری ادوات کوپلینگ و موج‌گیر مورد نیاز است. کوپلینگ سه فاز در شکل (۱-۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱٤: کوپلینگ سه فاز

۱- ۵- تعاریف

تعاریف ارائه شده در این بخش، براساس تعاریف موجود در استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ آورده شده است.

۱- ۵- ۱- پیچک اصلی

سیم‌پیچی که جریان فرکانس قدرت خط را از خود عبور می‌دهد. مقادیر نمونه برای ابعاد پیچک اصلی در پیوست (۱-۱) آورده شده است.

۱- ۵-۲- اندوکتانس ظاهری[2]

مقدار جبران نشده (به خاطر خازن خودی) راکتانس پیچک اصلی تقسیم بر فرکانس زاویه‌ای که راکتانس در آن فرکانس اندازه‌گیری شده است.

1 . Mode 1
2. Apparent inductance

۱- ۵-۳- اندوکتانس فرکانس قدرت[1]

اندوکتانس L_p در فرکانس قدرت (۵۰ هرتز) می‌باشد.

۱- ۵-٤- اندوکتانس حقیقی[2]

مقدار جبران شده اندوکتانس پیچک اصلی L_t در یک فرکانس مشخص، اندوکتانس حقیقی نامیده می‌شود.

۱- ۵-۵- اندوکتانس نامی[3] (L_{tN})

اندوکتانس نامی، مقدار اندوکتانس حقیقی در فرکانس ۱۰۰ kHz است.

۱- ۵-٦- خازن خودی[4]

خازن خودی یا C_r خازنی است که به همراه اندوکتانس حقیقی مدار تشدید، فرکانس تشدید خودی را تشکیل می‌دهد. خازن خودی تابعی از نحوه طراحی پیچک اصلی است.

۱- ۵-۷- فرکانس تشدید خودی[5]

فرکانس تشدید ترکیب اندوکتانس حقیقی و خازن خودی، فرکانس تشدید خودی نامیده می‌شود.

۱- ۵-۸- مقاومت پیچک اصلی

این مقدار، مقاومت پیچک اصلی در مقابل جریان مستقیم (dc) را نشان می‌دهد.

۱- ۵-۹- ضریب حرارتی[6]

نسبت تغییر مقاومت پیچک اصلی در دمای $1C^\circ$ به دمای $0C^\circ$ را ضریب حرارتی می‌نامند.

۱- ۵-۱۰- فرکانس قدرت نامی[7] (f_{PN})

فرکانس قدرت خط ولتاژ بالایی که موج‌گیر به آن متصل شده است.

۱- ۵-۱۱- وسیله تنظیم

ترکیبی از خازنها، سلفها و مقاومتها که به صورت موازی با پیچک اصلی متصل می‌شود. تمامی این اجزا ممکن است در آن واحد به کار برده نشوند و کاربرد آنها بسته به فرکانس سیستم مخابراتی است.

---

1. Power frequency inductance
2. True inductance
3. Rated inductance
4. Self capacitance
5. Self resonant frequency
6. Temperature coefficient
7. Rated power frequency

۱- ۵-۱۲- فرکانس حامل[1]

فرکانس مخابراتی جهت ارسال اطلاعات که سیگنالهای مخابراتی بر روی آن مدوله می‌شوند.

۱- ۵-۱۳- امپدانس سدکننده[2]

امپدانس مختلط Z_b موج‌گیر در محدوده فرکانس حامل، امپدانس سدکننده نامیده می‌شود.

۱- ۵-۱٤- مقاومت سدکننده[3]

جزء مقاومتی R_b امپدانس سدکننده، مقاومت سدکننده نامیده می‌شود.

۱- ۵-۱۵- تلفات نقطه انشعاب[4]

تلفات فرکانس حامل A_t که به دلیل محدود بودن توانایی سدکنندگی موج‌گیر ایجاد می‌شود.

۱- ۵-۱٦- تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکننده[5]

این پارامتر، مقدار تلفات فرکانس حامل به دلیل اتصال شنت مولفه مقاومتی امپدانس موج‌گیر است.

۱- ۵-۱۷- پهنای باند بر پایه امپدانس سدکننده[6]

پهنای باند فرکانس حامل Δf_1 و Δf_2 که در آن امپدانس سدکنندگی موج‌گیر کمتر از یک مقدار مشخص تعیین‌شده نباشد و یا تلفات نقطه انشعاب A_t بیشتر از یک مقدار مشخص نگردد.

۱- ۵-۱۸- پهنای باند بر پایه مقاومت سدکننده[7]

این مقدار برابر پهنای باند Δf_{1R} و Δf_{2R} بر پایه جزء مقاومتی امپدانس سدکننده است.

۱- ۵-۱۹- فرکانس مرکزی[8] (f_C)

فرکانس مرکزی، میانگین هندسی فرکانسهای حدی پهنای باند است.

۱- ۵-۲۰- فرکانس مرکزی بر پایه مقاومت سدکننده[9] (f_{CR})

این فرکانس، میانگین هندسی فرکانسهای حدی پهنای باند بر پایه مقاومت سدکننده است.

1. Carrier frequency
2. Blocking impedance
3. Blocking resistance
4. Tapping loss
5. Tapping loss based on blocking resistance
6. Bandwith based on blocking impedance
7. Bandwith based on blocking resistance
8. Center frequency
9. Center frequency based on blocking resistance

۱- ۵-۲۱- ضریب Q[1]

نسبت راکتانس به جزء مقاومتی پیچک اصلی در یک فرکانس مشخص است. فاکتور Q (ضریب کیفیت) به شدت بر روی مشخصه فرکانسی موج‌گیر تأثیر می‌گذارد و برای یک سیم‌پیچ ایده‌آل این مقدار بینهایت است.

۱- ۵-۲۲- جریان دائم نامی[2]

ماکزیمم جریان موثر I_N در فرکانس قدرت که می‌تواند بدون افزایش حرارت پیچک اصلی تا حد مجاز به طور پیوسته از آن عبور کند.

۱- ۵-۲۳- جریان کوتاه مدت[3] نامی

مقدار موثر جریان ماندگار اتصال کوتاه I_{KN} که می‌تواند در طول زمان مشخصی بدون ایجاد مشکل مکانیکی یا حرارتی از پیچک اصلی عبور کند. بر طبق استاندارد IEC پیک جریان نا متقارن نیم سیکل اول جریان اتصال کوتاه یعنی I_{KM}، ۲/۵۵ برابر مقدار I_{KN} است. I_{KN} را جریان اتصال کوتاه نامی و I_{KM} را جریان اتصال کوتاه دینامیک نیز می‌نامند.

۱- ۵-۲٤- اضافه بار اضطراری[4]

مقدار جریانی که پیچک اصلی برای یک زمان محدود بدون ایجاد خسارت دائم یا کاهش قابل ملاحظه عمر مفید می‌تواند تحمل کند.

۱- ۵-۲۵- تلفات اهمی و آهنی[5]

تلفات اهمی و آهنی در پیچک اصلی به دلیل عبور جریان فرکانس قدرت و جریان گردابی[6] ایجاد می‌شود. مقدار این تلفات وابسته به نحوه طراحی موج‌گیر و ماده استفاده‌شده در سیم‌پیچها می‌باشد. کاهش تلفات اهمی و آهنی بر کارایی مشخصه فرکانس حامل جریان موج‌گیر تأثیر می‌گذارد. از آن جا که موج‌گیرها در طرحهای مختلف ساخته می‌شوند، توصیه‌شده که جهت امکان مقایسه، تلفات در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شود. در صورتی که اندازه‌گیری در دمای غیر از ۷۵ درجه انجام‌شده باشد، می‌بایستی از روابط ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ جهت محاسبه تلفات اهمی و آهنی در دمای ۷۵ درجه استفاده شود.

مقادیر نمونه تلفات قدرت (اهمی و آهنی) در پیوست (۱-۱) آورده شده است.

1. Q factor
2. Continuous rated current
3. Rated short time current
4. Emergency overload current
5. Power losses
6. Eddy current

پیوست (۱-۱): مقادیر نمونه موج‌گیر

در جدول زیر نمونه‌ای از ابعاد و وزن موج‌گیر براساس اندوکتانس نامی و جریان دائم نامی آورده شده است. جنس پیچک اصلی آلومینیوم می‌باشد.

جدول ۱-۱: مقادیر نمونه موج‌گیر

وزن (kg)	طول (بدون حلقه محافظ کرونا) (mm)	قطر (بدون حلقه محافظ کرونا) (mm)	تلفات در شرایط کاری (kW)	پیک جریان نامتقارن (kA)	جریان کوتاه‌مدت نامی (kA)	جریان دائم نامی (A)	اندوکتانس نامی پیچک اصلی
۵۵	۶۰۰	۶۵۰	۱/۲	۲۵/۵	۱۰	۴۰۰	۰/۲ mH
۱۰۰	۸۲۰	۶۷۰	۱/۷	۴۱	۱۶	۶۳۰	
۱۲۰	۷۹۰	۷۹۰	۲/۷	۵۱	۲۰	۸۰۰	
۲۰۰	۱۰۲۰	۸۱۰	۴/۹	۸۰	۳۱	۱۲۵۰	
۲۳۰	۷۵۰	۹۳۰	۶/۲	۱۰۲	۴۰	۱۶۰۰	
۲۹۰	۸۰۰	۱۱۱۰	۷/۶	۱۰۲	۴۰	۲۰۰۰	
۳۸۰	۹۰۰	۱۱۳۰	۱۰/۱	۱۲۸	۵۰	۲۵۰۰	
۶۰۰	۱۲۰۰	۱۴۶۰	۱۲/۲	۱۲۸	۵۰	۳۱۵۰	
۸۰۰	۱۲۰۰	۱۷۲۰	۱۴/۷	۱۲۸	۵۰	۴۰۰۰	
۷۰	۸۰۰	۷۷۰	۲/۱	۲۵/۵	۱۰	۴۰۰	۰/۵ mH
۱۶۵	۱۰۲۰	۹۳۵	۳/۷	۴۱	۱۶	۶۳۰	
۲۰۰	۹۰۰	۸۶۰	۴/۵	۵۱	۲۰	۸۰۰	
۳۹۰	۹۸۰	۱۰۳۰	۷/۵	۸۰	۳۱	۱۲۵۰	
۴۲۰	۱۰۰۰	۱۱۹۰	۱۰	۱۰۲	۴۰	۱۶۰۰	
۵۰۰	۱۰۰۰	۱۴۶۰	۱۳	۱۰۲	۴۰	۲۰۰۰	
۶۷۰	۱۱۰۰	۱۴۹۰	۱۷	۱۲۸	۵۰	۲۵۰۰	
۱۰۵۰	۱۵۰۰	۱۹۲۰	۲۱/۶	۱۲۸	۵۰	۳۱۵۰	
۱۳۰۰	۱۷۰۰	۱۹۲۰	۲۸/۲	۱۲۸	۵۰	۴۰۰۰	
۱۱۰	۱۰۰۰	۹۲۰	۳/۵	۲۵/۵	۱۰	۴۰۰	۱ mH
۲۲۰	۱۰۵۰	۱۰۰۰	۴/۷	۴۱	۱۶	۶۳۰	
۳۰۰	۱۱۸۰	۱۰۱۰	۷/۲	۵۱	۲۰	۸۰۰	
۴۶۰	۱۲۰۰	۱۲۲۰	۱۲/۴	۸۰	۳۱	۱۲۵۰	
۶۶۰	۱۲۲۰	۱۴۵۰	۱۶/۶	۱۰۲	۴۰	۱۶۰۰	
۸۱۰	۱۲۵۰	۱۷۱۰	۲۰/۵	۱۰۲	۴۰	۲۰۰۰	
۱۰۵۰	۱۴۵۰	۱۷۳۰	۲۶/۸	۱۲۸	۵۰	۲۵۰۰	
۱۷۵۰	۲۱۰۰	۲۱۸۰	۳۶	۱۲۸	۵۰	۳۱۵۰	
۲۱۰۰	۲۳۰۰	۲۱۸۰	۴۲	۱۲۸	۵۰	۴۰۰۰	

فصل ۲

معيارهاي طراحي و مهندسي انتخاب موج‌گير

مقدمه

تعیین مشخصات موج‌گیر بیش از هرچیز وابسته به نیازمندیها و مشخصات شبکه مخابراتی است. با این حال به دلیل این‌که موج‌گیر یک المان ارتباطی بین شبکه انتقال انرژی و شبکه مخابراتی است، مشخصات شبکه انتقال نیز در تعیین موج‌گیر موثر خواهد بود. در این بخش فرض می‌شود که پارامترهای فرکانس قدرت شبکه همچون جریان نامی، جریان اتصال کوتاه و ... از محاسبات متداول این کار تعیین شده و ثانیاً نیازمندیهای شبکه مخابراتی مثل پهنای باند، فرکانس یا فرکانسهای موج حامل و ... نیز مشخص است.

در این فصل پارامترها و فاکتورهای مهم در انتخاب موج‌گیر تشریح می‌گردد.

۲-۱- اندوکتانس نامی پیچک اصلی

مقادیر توصیه شده برای اندوکتانس نامی مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ برحسب میلی‌هانری عبارتند از:

۰/۲ – ۰/۲۵ – ۰/۳۱۵ – ۰/۴ – ۰/۵ – ۱ – ۲

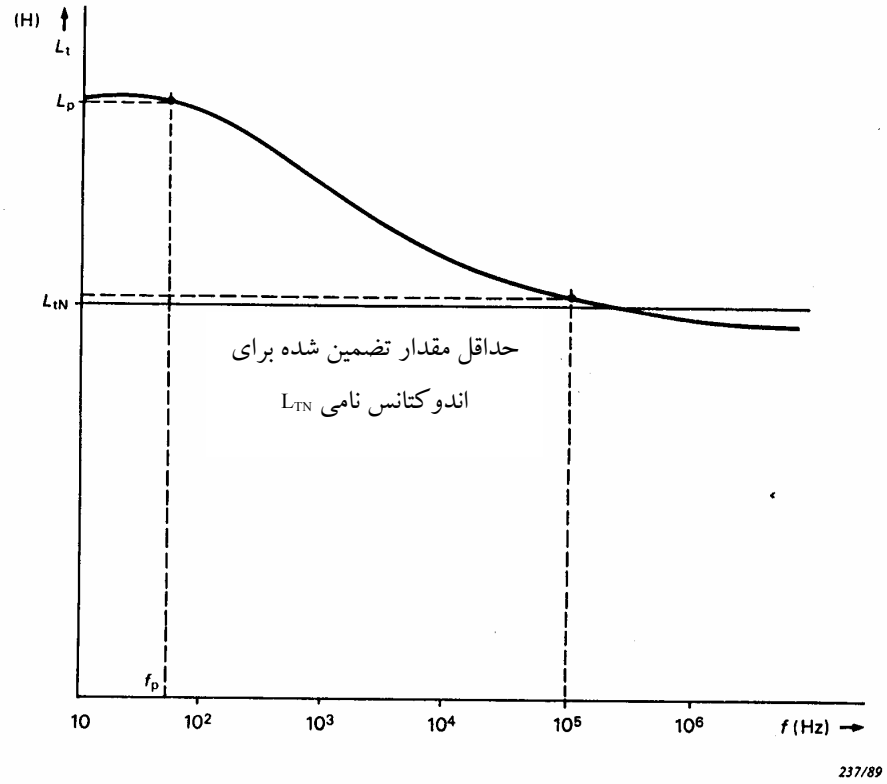
ارقامی که زیر آنها خط کشیده شده ارجحیت دارند. مقدار انتخاب شده نباید کمتر از ۹۰٪ مقادیر توصیه شده باشد. مقدار این مشخصه براساس نیازهای شبکه مخابراتی مورد نظر انتخاب می‌گردد (طرح اولیه شبکه مخابراتی منطقه، نوع اطلاعات مبادله شده، تعداد کانالهای مورد نیاز و ...).

هرچه اندوکتانس نامی انتخابی بزرگتر باشد ابعاد فیزیکی موج‌گیر بزرگتر و قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود ولی در عوض می‌توان از باند وسیعتری سود جست. اندوکتانس پیچک اصلی به دلیل وجود اثر پوستی[1] و مجاورت[2] ثابت نبوده و برحسب فرکانس متغیر است.

شکل (۲-۱) اندوکتانس پیچک اصلی برحسب فرکانس را نشان می‌دهد. در این شکل اندوکتانس نامی با L_{tN} و اندوکتانس فرکانس قدرت با L_p مشخص شده است.

واضح است که از دید شبکه مخابراتی اندوکتانس نامی اهمیت دارد حال آن که پیچک اصلی در مقابل فرکانس قدرت اندوکتانس L_p را از خود نشان می‌دهد. اندوکتانس نامی می‌تواند تا ۱۰٪ با اندوکتانس فرکانس قدرت متفاوت باشد.

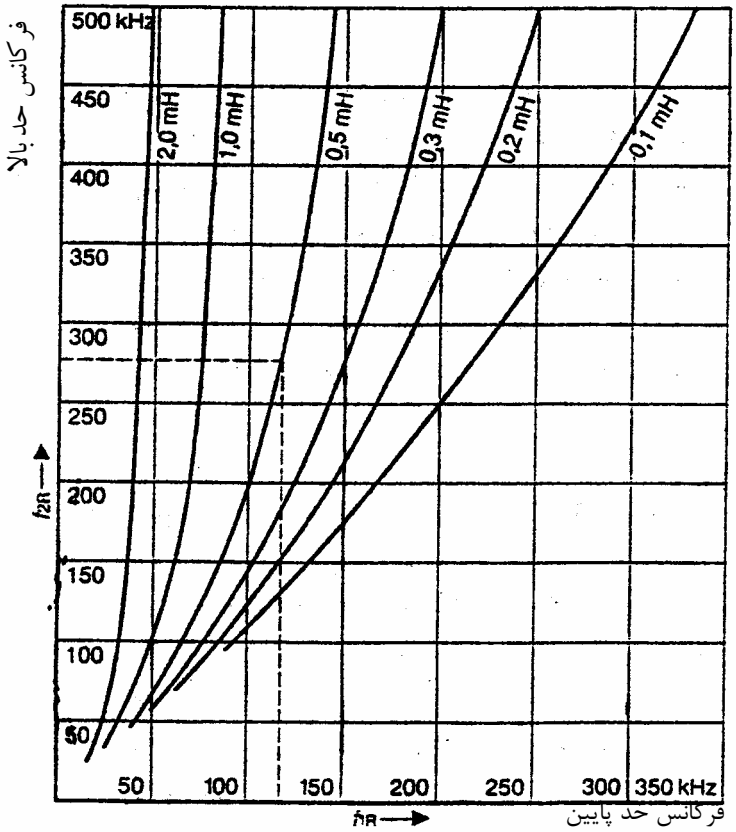
1. Skin effect
2. Proximity effect



شکل ۲-۱: مشخصه فرکانسی پیچک اصلی

اصولاً با مشخص نمودن باند فرکانسی و امپدانس سدکننده نیازی به مشخص نمودن اندوکتانس نامی پیچک اصلی نبوده و سازنده می‌تواند آن را پیشنهاد دهد.

سازنده‌ها معمولاً نمودارهایی که از روی آن بتوان ارتباط بین اندوکتانس و پهنای باند را به ازای مقادیر مختلف اندوکتانس تحقیق کرد، ارائه می‌دهند. شکل (۲-۲) نمونه‌ای از این نمودارهاست. از روی این نمودار با مشخص بودن اندوکتانس می‌توان پهنای باند را تعیین کرد و در صورتی که پهنای باند مشخص باشد می‌توان اندوکتانس را تعیین نمود.



شکل ۲-۲: نمودارهای فرکانسی ارائه شده از طرف سازنده

۲-۲- جریان نامی

جریان نامی براساس محاسبات پخش بار تعیین می‌شود. استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ مقادیر زیر را برای جریان نامی توصیه می‌کند:

۱۰۰ – ۲۰۰ – ۴۰۰ – ۶۳۰ – ۸۰۰ – ۱۰۰۰ – ۱۲۵۰ – ۱۶۰۰ – ۲۰۰۰ – ۲۵۰۰ – ۳۱۵۰ – ۴۰۰۰

که ارقامی که زیر آنها خط کشیده شده است ارجحیت دارند. نزدیکترین مقدار بالایی از مقادیر بالا به جریان نامی خط بایستی انتخاب گردد.

۲-۳- جریان کوتاه مدت نامی

این پارامتر با توجه به محاسبات اتصال کوتاه تعیین می‌گردد، اما مقدار انتخابی با توجه به ارقام استاندارد انتخاب می‌شود.

ارقام توصیه شده توسط استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ برحسب کیلوآمپر در دو سری و برای دو شرایط عادی و شرایط سنگین به شرح جدول (۲-۱) است.

جدول ۲-۱ : هماهنگی جریانهای دائم و کوتاه مدت نامی

جریان دائم نامی (آمپر)	جریان کوتاه مدت نامی (کیلوآمپر)	
	سری اول (شرایط عادی)	سری دوم (شرایط سنگین)
۸۰۰	۲۰	۲۵
۱۰۰۰	۲۵	۳۱/۵
۱۲۵۰	۳۱/۵	۴۰
۱۶۰۰	۴۰	۵۰
۲۰۰۰	۴۰	۵۰
۲۵۰۰	۴۰	۵۰
۳۱۵۰	۴۰	۵۰
۴۰۰۰	۶۳	۸۰

استقامت حرارتی موج‌گیر به وسیله جریان اتصال کوتاه و استقامت مکانیکی آن با پیک جریان اتصال کوتاه تعیین می‌گردد. مدت زمان جریان اتصال کوتاه ۱ ثانیه و مدت زمان استمرار پیک جریان اتصال کوتاه بزرگتر از پنج سیکل (۱۰۰ میلی ثانیه) در نظر گرفته می‌شود که با توجه به این دو رقم مدت زمان یک ثانیه منظور می‌گردد. از آن جا که جریان نامی و جریان اتصال کوتاه، هر دو دارای تاثیر حرارتی روی موج‌گیر می‌باشند، لذا هماهنگی بین این دو جریان لازم است. زمان اتصال کوتاه نامی طبق استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ یک ثانیه می‌باشد. با این حال سازندگان می‌توانند زمانهای اتصال کوتاه طولانی‌تری را ارائه نمایند.

۲-٤- سطوح عایقی

از آن جا که موج‌گیر به صورت سری در خط انتقال قرار می‌گیرد لذا تحت ولتاژ نامی شبکه قرار دارد و از طرف دیگر عبور جریان از سیم‌پیچ باعث ایجاد تنشهای طولی[1] در موج‌گیر می‌شود. به همین دلیل دو نوع استقامت عایقی برای موج‌گیر تعریف می‌شود:

۲-٤-۱- استقامت عایقی در امتداد موج‌گیر

هرگونه تنش ولتاژی اعم از ولتاژهای عادی کار، اضافه ولتاژهای موقت، صاعقه و کلیدزنی که در ترمینالهای پیچک اصلی ظاهر می‌شود، توسط سایر اجزا نیز تجربه می‌شود.

در مواقع عادی کار شبکه، در اثر عبور جریان بار خط انتقال انرژی از پیچک اصلی با اندوکتانس فرکانس قدرت L_p ولتاژی در حدود چند صد ولت تا حداکثر چند کیلوولت در دو سر موج‌گیر افت خواهد نمود. اجزا اصلی موج‌گیر باید قادر به تحمل این افت ولتاژ دائم با فرکانس شبکه انتقال انرژی باشند. در هنگام اتصال کوتاه، این اجزاء اضافه ولتاژ موقتی با فرکانس ۵۰ Hz که از رابطه زیر به دست می‌آید، تجربه می‌نمایند:

$$V = 2\pi\, f_{PN} L_P I_{KN} \qquad (۱-۲)$$

1 . Longitude stress

که در این رابطه :

f_{PN} : فرکانس نامی شبکه [Hz]

L_P : اندوکتانس فرکانس قدرت پیچک اصلی [mH]

I_{KN} : جریان کوتاه مدت نامی [kA]

V : افت ولتاژ در امتداد موج‌گیر [V]

این ولتاژ دارای دامنه‌ای بین چند کیلوولت تا چند ده کیلوولت است.

اضافه ولتاژ محاسبه شده از رابطه (۲-۱) از یکسو استقامت عایقی اجزاء موج‌گیر را مشخص می‌کند و از سوی دیگر ولتاژ نامی وسیله حفاظتی (برقگیر) را تعیین می‌کند. با معلوم شدن ولتاژ نامی وسیله حفاظتی، سطوح حفاظتی آن مشخص می‌شود. وسیله حفاظتی سطح اضافه ولتاژهای ضربه‌ای سیستم را که ممکن است در اثر عبور موج ضربه در ترمینالهای موج‌گیر ظاهر شوند به سطوح حفاظتی فوق محدود می‌کند. استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ حداقل حاشیه ایمنی میان سطح حفاظتی وسیله حفاظتی و سطح استقامت عایقی پیچک اصلی و وسیله تنظیم را ۳۰٪ تعیین نموده است. سطح عایقی پیچک اصلی و وسیله تنظیم باید بالاتر از ولتاژ باقیمانده[1] (سطح حفاظتی) ناشی از عبور جریان دشارژ[2] وسیله حفاظتی باشد.

۲-٤-۲- استقامت عایقی موج گیر نسبت به زمین

با توجه به این که موج‌گیر تحت ولتاژ نامی خط قرار دارد، مشابه تجهیزات پست باید نسبت به اشیاء زمین شده اطراف نیز عایق گردد. این کار معمولاً توسط فواصل هوایی، زنجیر مقره یا مقره اتکائی، مقره خازن کوپلاژ یا ترانسفورماتور ولتاژ خازنی انجام می‌گیرد. در این موارد استقامت عایقی تجهیزات مذکور بایستی تعیین گردد. در مواردی که موج‌گیر به صورت آویز نصب می‌شود، استقامت عایقی زنجیره مقره‌ها نسبت به زمین، مشابه سایر تجهیزات پست خواهد بود.

۲-۵- باند فرکانسی و امپدانس سدکننده

موج‌گیرها در فرکانس شبکه قدرت امپدانس قابل اغماضی دارند در صورتی که در برابر یک یا چند فرکانس حامل و یا یک باند فرکانس گسترده به صورت یک امپدانس نسبتاً بزرگ عمل می‌کنند. مشخصه فرکانسی موج‌گیر که امپدانس موج‌گیر را در گستره فرکانسی سیگنالهای مخابراتی تعیین می‌کند با توجه به نیازمندیهای سیستم مخابراتی تعیین می‌گردد.

به طور کلی سه نوع مشخصه فرکانسی در موج‌گیرهای مرسوم قابل تشخیص است:

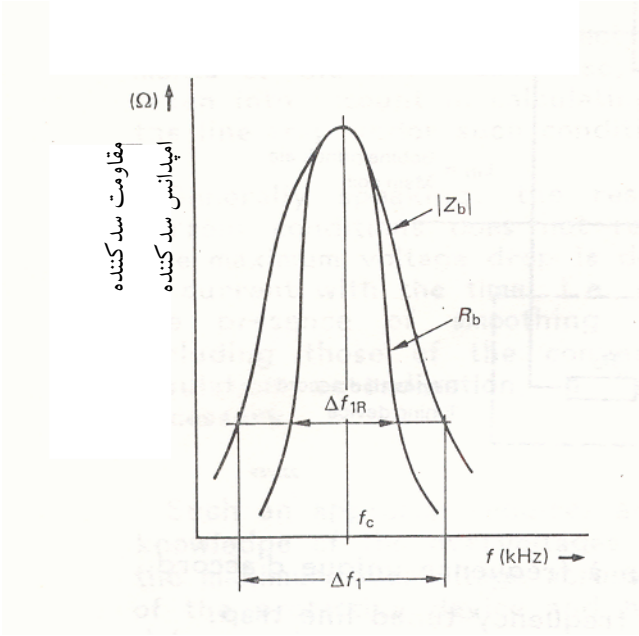
۱- موج‌گیر با یک فرکانس قطع[3] (شکل ۲-۳)

۲- موج‌گیر با دو فرکانس قطع[4] (شکل ۲-۴)

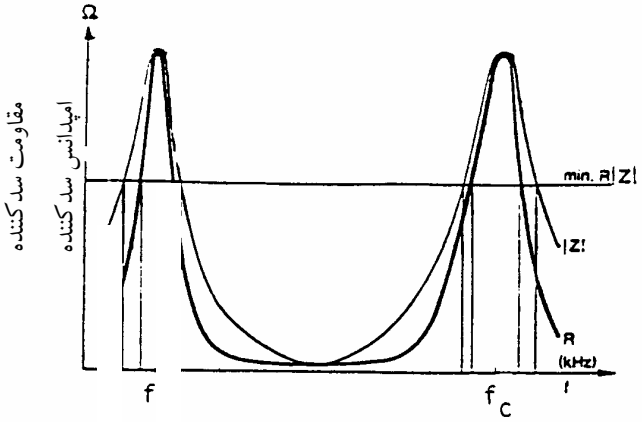
۳- موج‌گیر با باند قطع گسترده[5] (شکل ۲-۵)

1. Residual voltage
2. Discharge current
3. Single frequency tuned line trap
4. Double frequency tuned line trap
5. Wide band tuned line trap

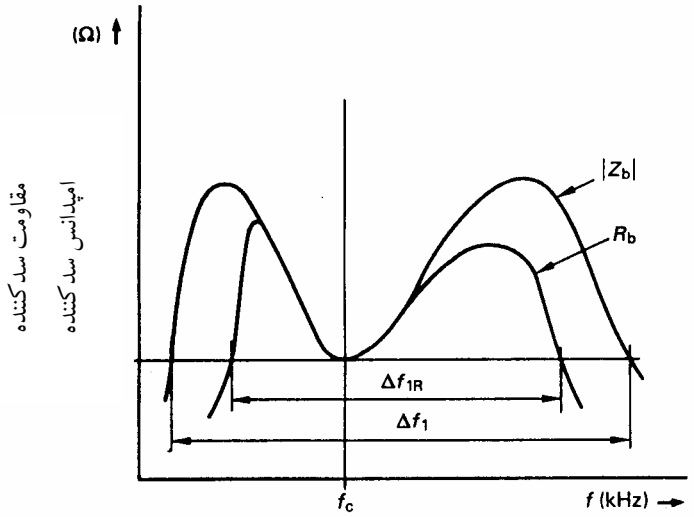
مشخصه‌های تک فرکانسی قطع و باند گسترده متداول‌تر هستند، با این حال ممکن است از موج‌گیرهای با دو فرکانس قطع یا بیشتر استفاده شود.



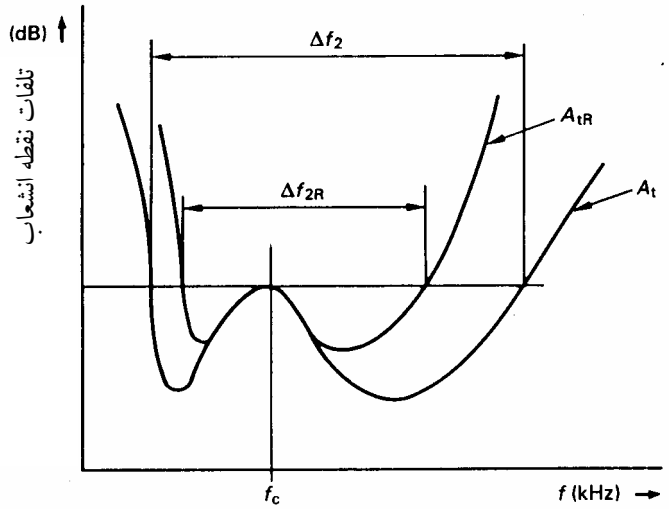
شکل ۲-۳: مشخصه فرکانسی موج‌گیر با یک فرکانس قطع



شکل -٤ : مشخصه فرکانسی موج‌گیر با دو فرکانس قطع [٤]



شکل ۲-۵ : مشخصه فرکانسی موج‌گیر با باند قطع گسترده



شکل ۲-٦: مشخصه فرکانسی تلفات نقطه انشعاب

توجه: برای شکل‌های (۲-۵) و (۲-۶) : $\Delta f_{1R} = \Delta f_{2R}, \Delta f_1 \neq \Delta f_2$

مشخصه‌های فرکانسی ممکن است قابل تنظیم[1] و یا غیر قابل تنظیم باشند[2]. در صورت قابل تنظیم بودن مشخصه فرکانسی، این کار با تغییر پارامترهای وسیله تنظیم انجام می‌گیرد.

1. Field adjustable type
2. Factory fixed type

جهت سد نمودن امواج مخابراتی مورد نظر، امپدانس موج‌گیر در محدوده باند فرکانسی باید از مقدار مشخصی بالاتر باشد. از طرفی در برخی موارد لزوم مشخص نمودن حداقل مقاومت سدکننده به جهت این که امکان تشدید قسمت راکتیو امپدانس موج‌گیر با امپدانس معادل پست وجود دارد، ضروری می‌گردد (بخش موهومی Z_b تحت محدوده فرکانسی خاص می‌تواند خازنی باشد). امکان وقوع تشدید سری در شبکه مخابراتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا این پدیده باعث تضعیف غیر قابل قبول سیگنال حامل خواهد شد. تحت چنین شرایطی تنها مولفهٔ اهمی R_b است که اثر نشت سیگنال حامل به شبکه پشت موج‌گیر را تعدیل می‌کند.

پهنای باند قابل استفاده و نیز فرکانسهای قطع کناری در اشکال (۲-۳) و (۲-۵) برای بدترین شرایط یعنی براساس R_b و از روابط زیر به دست می‌آیند [۱]

$$\Delta f_R = f_{2R} - f_{1R} = f_{CR} \cdot 2b \qquad (۲-۲)$$

در رابطه فوق f_{1R} و f_{2R} به ترتیب فرکانسهای قطع کناری پایینی و بالایی براساس مولفه مقاومتی امپدانس سدکننده Z_b بوده و از روابط زیر بدست می‌آیند [۱]:

$$f_{CR} = (\sqrt{1+b^2} - b)\, f_{1R} \qquad (۳-۲)$$

$$f_{CR} = (\sqrt{1+b^2} + b)\, f_{2R} \qquad (۴-۲)$$

f_{CR} فرکانس قطع میانی براساس مولفه مقاومتی امپدانس سدکننده Z_b بوده که برابر با میانگین هندسی فرکانسهای کناری است [۱]:

$$f_{CR} = \sqrt{f_{IR} . f_{2R}} \qquad (۵-۲)$$

پارامتر b در این روابط برای موج‌گیرها با یک فرکانس قطع از رابطه زیر:

$$b = \pi \frac{f_{CR} . L_{tN}}{2R_b} \qquad (۶-۲)$$

و برای موج‌گیرها با باند قطع گسترده [۱] از رابطه زیر:

$$b = \pi \frac{f_{CR} . L_{tN}}{R_b} \qquad (۷-۲)$$

بدست می‌آید. با توجه به تعاریف b واضح است که پهنای باند موج‌گیر با پهنای باند قطع گسترده، دو برابر پهنای باند موج‌گیر با یک فرکانس قطع است. این روابط هم چنین نشان می‌دهد که برای افزایش پهنای باند بایستی اندوکتانس نامی موج‌گیر را افزایش داد که موجب افزایش قیمت موج‌گیر می‌شود. طبق توصیه IEC شماره ۶۰۳۵۳ برای اهداف محاسباتی باید از ۰/۹ اندوکتانس نامی برای در نظر گرفتن ۱۰٪ تلورانس مجاز ساخت پیچک اصلی استفاده شود.

باند فرکانسی موج‌گیر توسط بخش مخابرات و براساس نیازهای مخابراتی و باند فرکانس مجاز در رابطه با شبکه مشخص می‌شود. حداقل امپدانس سدکننده نیز با توجه به تلفات نقطه انشعاب که در بخش بعدی تعریف می‌شود، مشخص می‌گردد. با معلوم بودن اندوکتانس و پهنای باند می‌توان مقاومت سدکنندگی R_b را از رابطه زیر تعیین کرد [۱]:

$$R_b = \pi.L_{tN}\frac{f_{1R}.f_{2R}}{f_{2R}-f_{1R}}$$ برای موج‌گیر با یک فرکانس قطع (۸-۲)

$$R_b = 2\pi.L_{tN}\frac{f_{1R}.f_{2R}}{f_{2R}-f_{1R}}$$ برای موج‌گیر با باند قطع گسترده (۹-۲)

۲-۶- تلفات نقطه انشعاب و مشخصه تضعیف موج‌گیر

مدل الکتریکی یک پایانه PLC در فصل اول آمده است. همانطور که در شکل (۲-۶) دیده می‌شود تنها بخشی از سیگنالهای مخابراتی U_0 توسط پایانه PLC جذب می‌گردد (U_1). میزان تضعیف امواج ارسالی U_0 به امپدانس موجی خط انتقال (Z_L)، امپدانس ورودی مجموعه خازن تزویج ـ ابزار تزویج (Z_{in})، امپدانس سدکننده موج‌گیر $\overline{Z}_b$ و امپدانس مشخصه شبکه پشت موج‌گیر $\overline{Z}_1$ وابسته بوده و توسط کمیتی به نام تلفات نقطه انشعاب A_t سنجیده می‌شود. بنا به تعریف نسبت دامنه ولتاژ دریافتی، اگر موج‌گیر، امپدانس سدکننده بینهایت داشته باشد یعنی $\left(\frac{U_0}{2}\right)$ به دامنه ولتاژ دریافتی واقعی (U_1) بر حسب واحد dB، تلفات نقطه انشعاب گفته می‌شود:

$$A_t = 20\log\left|\frac{U_0}{2U_1}\right|$$ (۱۰-۲)

جهت امکان مقایسه تلفات نقطه انشعاب بایستی بتوان این تلفات را براساس پارامترهای موج‌گیر و استاندارد شبکه نوشت. به همین منظور فرضهای زیر در نظر گرفته می‌شود:

- امپدانس موجی خط انتقال (Z_L) بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ اهم فرض می‌شود (معمولاً ۴۰۰ اهم برای اتصال فاز ـ زمین و ۶۰۰ اهم برای اتصال فاز- فاز)
- فرض می‌شود شبکه پشت موج‌گیر در بدترین وضعیت امپدانسی یعنی $\overline{Z}_1 = 0$ باشد (معادل وقوع یک اتصال کوتاه در این شبکه و یا بستن کلید زمین ته خط).
- فرض می‌شود با تنظیم مناسب امپدانس ورودی مجموعه خازن تزویج ـ ابزار تزویج در بازه فرکانس مورد نظر، این امپدانس برابر امپدانس خط انتقال باشد ($Z_{in}=Z_L$).

با توجه به دو فرض آخر خواهیم داشت:

$$A_t = 20\log\left|1+\frac{\overline{Z}_L}{2Z_b}\right|$$ (۱۱-۲)

به دلیل احتمال وقوع پدیده تشدید سری در یک فرکانس حامل، غالباً کارکرد موج‌گیر در شبکه ارتباطی به جای $\overline{Z}_b$ با R_b سنجیده می‌شود. با استفاده از R_b تلفات نقطه انشعاب بر حسب مقاومت سدکننده به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$A_{tR} = 20\log\left|1+\frac{\overline{Z}_L}{2R_b}\right|$$ (۱۲-۲)

با تعیین مقدار مشخصی برای تلفات نقطه انشعاب می‌توان مقدار امپدانس $\overline{Z}_b$ را تعیین کرد. استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ تعیین A_t و A_{tR} و به تبع Z_b را به توافق بین خریدار و فروشنده واگذار کرده با این حال مقدار ماکزیمم آن را ۲/۶ دسی بل تعیین کرده است. این تلفات متناظر با موج‌گیری است که مقاومت سدکننده آن ۱/۴۱ برابر امپدانس مشخصه خط باشد که برای یک خط با امپدانس مشخصه ۴۰۰ اهم مقاومت سدکنندگی برابر ۵۷۰ اهم می‌باشد. همان طور که در بخش ۲-۵ گفته شد امپدانس سدکنندگی $\overline{Z}_b$ موج‌گیر مقدار ثابتی نبوده و با فرکانس تغییر می‌کند. شکل ۲-۶ تغییرات تلفات نقطه انشعاب را بر حسب فرکانس برای یک موج‌گیر با پهنای باند قطع گسترده نشان می‌دهد.

میزان نفوذ ناخواسته سیگنالهای مخابراتی به شبکه پشت موج‌گیر توسط کمیتی به نام تضعیف سدکنندگی موج‌گیر A_b سنجیده می‌شود که به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$A_b = 20\log\left|\frac{U_1}{U_2}\right| \qquad (۱۳-۲)$$

با توجه به فرضهایی که در محاسبه A_t اعمال شده، داریم :

$$A_b = 20\log\left|1+\frac{\overline{Z}_b}{\overline{Z}_1}\right| \qquad (۱۴-۲)$$

که $\overline{Z}_1$ در این رابطه امپدانس مشخصه شبکه پشت موج‌گیر است. این امپدانس یا امپدانس مجموعه تجهیزات یک پست فشار قوی است که مقدار آن غالباً بزرگتر از ۱۰۰ اهم نیست و یا امپدانس موجی یک خط انتقال دیگر است که معمولاً در حدود ۴۰۰ اهم برای اتصال فاز- زمین و ۶۰۰ اهم برای اتصال فاز- فاز می‌باشد.

در استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ هیچ‌گونه محدودیتی برای مشخصه تضعیف A_b داده نشده هر چند که مقایسه روابط (۲-۱۲) و (۲-۱۴) نشان می‌دهد که با معلوم بودن حداکثر مقدار مجاز A_t و امپدانس موجی خط انتقال، حداقل امپدانس سدکنندگی Z_b به دست می‌آید و به این ترتیب با مشخص بودن امپدانس Z_1 می‌توان حداقل مقدار A_b را تعیین کرد.

۲-۷- مشخصه اضافه بار اضطراری

فرض بر این است که پیش از اضافه بار، موج‌گیر حامل جریان دائم نامی خود بوده است. روشن است که چنین قابلیتی به طرح حرارتی موج‌گیر به ویژه کلاس حرارتی عایق به کار گرفته شده در اجزای موج‌گیر بستگی دارد. جدول (۲-۲) اضافه بارهای اضطراری مجاز را بر حسب درجه حرارت محیط و جدول (۲-۳) رابطه بین کلاس عایقی و حداکثر دمای قابل تحمل را براساس استاندارد IEC شماره ۶۰۳۵۳ نشان می دهد.

جدول ۲-۲ : اضافه بار اضطراری بر حسب درصد جریان دائم نامی

درجه حرارت محیط (درجه سانتیگراد)	مدت زمان دوره اضطراری		
	۱۵ دقیقه	۳۰ دقیقه	٦۰ دقیقه
+۴۰	۱۴۰	۱۳۰	۱۲۰
+۲۰	۱۴۵	۱۳۵	۱۲۵
۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۳۰
−۲۰	۱۵۵	۱۴۵	۱۳۵
−۴۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۰

جدول۲-۳: رابطه بین کلاس عایقی و حداکثر دمای قابل تحمل

دمای حداکثر (°C)	کلاس عایق و دمای مرجع (°C)
۱۵۰	۱۰۵ (A)
۱۷۵	۱۲۰ (E)
۱۸۵	۱۳۰ (B)
۲۱۰	۱۵۵ (F)
۲۳۵	۱۸۰ (H)
۲۶۰	۲۲۰ (C)

۲-۸- مشخصه حرارتی عایق

در طراحی حرارتی هر وسیله از جمله موج‌گیر بایستی سه مساله را در نظر گرفت : تنش حرارتی(مثلاً دمای کار ناشی از عبور جریان دائم نامی در درجه حرارت ۴۰ °C)، استقامت حرارتی(کلاس حرارتی) و فاصله دمای نسبی این دو که به ضریب ایمنی[1] موسوم است. در واقع تنها ذکر جهش دمای یک وسیله یا استقامت حرارتی آن فاقد ارزش ارزیابی فنی است. آن چه امکان مقایسه میان طرحهای مختلف را فراهم می‌کند، ضریب ایمنی است که از نسبت استقامت حرارت به تنش حرارتی به دست می‌آید. هر چه این ضریب بزرگتر باشد طراحی بهتر بوده و عمر حرارتی وسیله بیشتر خواهد بود. اختلاف دمای کار مطلق موج‌گیر نسبت به درجه حرارت محیط افزایش دمایی[2] موج‌گیر نامیده می‌شود.

۲-۹- نمونه‌ای از طراحی و انتخاب مشخصه‌های موج‌گیر

هدف از این بخش ارائه مثالی عددی جهت آشنایی با نحوه تعیین پارامترهای موج‌گیر در عمل می‌باشد. بدیهی است که مشخصه‌های موج‌گیرهایی که در این مثال تعیین می‌گردند تنها جهت سیستمهایی با همان شرایط قابل اعمال هستند، لذا از به کار بردن مشخصات حاصل از این محاسبات جهت مواردی که فاقد شرایط تشریح شده در این قسمت می‌باشند، باید اجتناب نمود.

1. Safety factor
2.Temperature rise

۲-۹-۱- مشخصات سیستم

- ولتاژ نامی : ۴۰۰ کیلوولت
- حداکثر ولتاژ سیستم : ۴۲۰ کیلوولت
- فرکانس سیستم : ۵۰ هرتز
- تعداد فاز : ۳
- نحوه زمین کردن نوترال : به طور موثر زمین شده

۲-۹-۲- مشخصات شرایط محیطی

- حداقل درجه حرارت : ۲۵- درجه سانتیگراد
- حداکثر درجه حرارت : ۴۵ درجه سانتیگراد
- ارتفاع از سطح دریا : ۱۳۰۰ متر
- رطوبت نسبی : ۸۰ درصد
- سرعت باد : برای ۱۰ دقیقه ۳۰ متر برثانیه
  برای ۵ ثانیه ۴۰ متر بر ثانیه
- میزان آلودگی : سنگین
- شتاب زلزله : ۰/۳g

۲-۹-۳- انتخاب موج‌گیر

- **اندوکتانس پیچک اصلی :** همانطور که گفته شد عملاً با مشخص بودن فرکانس و امپدانس سدکننده نیازی به مشخص نمودن اندوکتانس نامی پیچک اصلی نبوده و این سازنده است که می‌تواند آن را پیشنهاد دهد. با این حال با توجه به فرکانسهای مخابراتی مورد استفاده در شبکه قدرت ایران برای پستهای ۴۰۰ کیلوولت، مقدار ۱ میلی‌هانری تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است که با کاهش سطح ولتاژ پستها به این دلیل که حجم اطلاعات ارسالی و دریافتی پایین می‌آید لذا اندوکتانس موج‌گیر نیز کمتر انتخاب می‌شود.
- **جریان نامی :** جریان نامی موج‌گیر، جریان نامی خطی است که به آن متصل است و از محاسبات پخش بار قابل تعیین است. در عین حال عدد انتخابی بایستی یکی از اعداد استاندارد باشد که در این مثال مقدار ۲۰۰۰ آمپر در نظر گرفته می‌شود.
- **جریان اتصال کوتاه :** با توجه به محاسبات اتصال کوتاه، جریان اتصال کوتاه برابر ۴۰ کیلوآمپر در نظر گرفته می‌شود.
- **سطوح عایقی نامی :** مطابق رابطه (۲-۱) اضافه ولتاژ طولی ناشی از جریان اتصال کوتاه برابر مقدار زیر است و استقامت عایقی در امتداد موج‌گیر توسط سازنده تعیین می‌شود.

$$V = 2\pi \times 50 \times 1 \times 10^{-3} \times 40 \times 10^{3} = 12566.4 \quad V$$

- **نوع موج‌گیر:** با توجه به نیازهای مخابراتی شبکه و به طور معمول از موج‌گیر با پهنای باند قطع گسترده استفاده می‌شود. موج‌گیر بایستی مناسب جهت عملکرد فضای آزاد باشد.
- **باند فرکانسی:** به طور مشخص توسط مشاور مخابراتی تعیین می‌شود. در عمل سازنده منحنی‌هایی ارائه می‌دهد که به کمک آن با مشخص کردن اندوکتانس نامی و امپدانس سدکننده مقدار پهنای باند را می‌توان تعیین کرد.
- **امپدانس و مقاومت سدکننده (Z_b , R_b):** با فرض کوپلینگ فاز به زمین مقدار Z_L برابر ۴۰۰ اهم است و با توجه به مقدار پیشنهادی استاندارد IEC برای A_t ($A_t = 2/6dB$)حداقل مقدار Z_b برابر ۵۷۰ اهم خواهد بود. جهت عملکرد مناسب موج‌گیر تحت شرایط تشدید بایستی مقدار A_{tR} برابر ۲۶ دسی‌بل در نظر گرفته شده و به این ترتیب R_b برابر ۵۷۰ اهم خواهد بود. مشاور مخابراتی ایران مقادیر ثابت $(Z_b)_{min}=$ ۶۰۰Ω و$(R_b)_{min}=$۴۰۰ Ω را توصیه نموده است.
- **روش کوپلاژ :** روش کوپلاژ انتخابی بسته به سطح قابلیت اطمینان مورد نظر برای کانال مخابراتی و مسائل اقتصادی است. در این جا روش کوپلاژ فاز به زمین انتخاب شده که اقتصادی‌ترین روش است. بایستی دقت شود که انتخاب کوپلاژ فاز به فاز منجر به $Z_L=$ ۶۰۰Ω خواهد شد.
- **روش نصب :** با توجه به مقادیر انتخابی جهت جریان نامی، جریان اتصال کوتاه و اندوکتانس موج‌گیر، وزن موج‌گیر انتخاب شده به گونه‌ای است که بایستی آن را روی پایه مستقل نصب کرد.
- **جریان نامی تخلیه برقگیر:** این مقدار نباید کمتر از جریان تخلیه برقگیرهای پست باشد و به همین جهت مقدار ۱۰ کیلوآمپر در نظر گرفته می‌شود.
- **حداکثر ولتاژ تداخل رادیوئی:** این مقدار به طور ثابت برابر ۲۵۰۰ میکروولت در نظر گرفته می‌شود.

فصل ۳

الزامات و آزمونها

۳-۱- شرایط عمومی

آزمونهایی که در زیر برشمرده می‌شود می‌تواند توسط سازنده در دمای محیطی صفر تا ۴۰ درجه سانتیگراد و شرایط محیط بسته یا فضای آزاد انجام گیرد.

به جز در مواردی که نحوه نصب خاصی اشاره شده، موج‌گیر بایستی در همان شرایطی که در پست نصب می‌گردد، آزمایش شود و دمای محیط در طول آزمون بایستی ثبت گردد.

کلیه آزمونهای نوعی[1] و یا پاره‌ای از آنها بنا به موافقت بین خریدار و سازنده، می‌تواند به عنوان آزمونهای نمونه‌ای[2] تکرار شود. آزمونهای مربوط به وسیله محافظ[3] (برقگیر) بایستی براساس استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۹۹ انجام گیرد.

بایستی دقت شود که در مورد بعضی آزمونها روشهای ویژه‌ای به قصد سادگی پیشنهاد شده است. روشهای دیگر، شامل استفاده از دستگاههای اندازه‌گیری خاص که مقادیر را به طور مستقیم اندازه‌گیری می‌کنند و به محاسبات نیازی ندارند، در صورتی که از دقت کافی برخوردار باشند قابل استفاده‌اند. لازم است که در هنگام انجام آزمونهای فرکانس حامل[4]، حلقه اندازه‌گیری[5] تا حد ممکن کوچک باشد تا امپدانسهای خارجی در مدار اندازه‌گیری تاثیر نداشته باشند. همچنین کلیه دستگاههایی که در اندازه‌گیری استفاده می‌شوند (شامل خود موج‌گیر) بایستی نسبت به سطوح فلزی عایق بوده و در صورت امکان امپدانس دستگاههای اندازه‌گیری نیز مدنظر قرار گیرد.

۳-۲- آزمونهای نوعی

۳-۲-۱- آزمون افزایش درجه حرارت

این آزمون جهت اثبات رفتار حرارتی موج‌گیر در هنگام عبور جریان دائمی انجام می‌شود. در این آزمون افزایش دمای پیچک اصلی موج‌گیر (دمای متوسط اندازه‌گیری شده به کمک افزایش مقاومت و اندازه‌گیری مستقیم دمای گرمترین نقطه) تعیین می‌شود.

آزمون بایستی در جریان نامی (I_N) انجام شود مگر در مواردی که این امر ممکن نباشد. در این حالت جریان آزمون (I_t) نباید کمتر از ۹۰٪ جریان نامی باشد.

در این صورت مقدار افزایش دمای θ_n که به واسطه عبور جریان نامی I_N از موجگیر ایجاد می‌شود از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\theta_n = \theta_t \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^{1.6} \qquad (۱-۴)$$

که در آن θ_t افزایش دما تحت جریان I_t است.

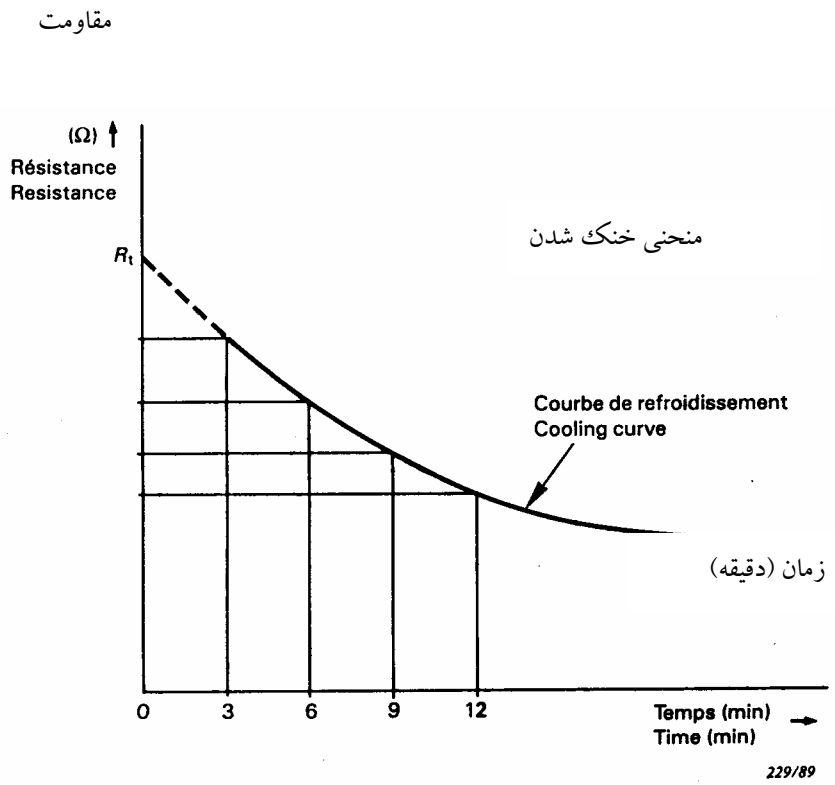
1. Type test
2. Sample test
3. Protective device
4. Carrier frequency
5. Measuring loop

آزمون بایستی تا زمانی ادامه یابد که دمای هیچ نقطه‌ای از موج‌گیر در دو قرائت متوالی با فاصله زمانی یک ساعت بیش از ۲٪ افزایش نیابد.

الف _ تعیین افزایش دمای متوسط به کمک افزایش مقاومت:

بسته به ضریب حرارتی ماده هادی پیچک اصلی، مقاومت پیچک اصلی با دما تغییر می‌کند. به همین دلیل افزایش درجه حرارت ناشی از اعمال جریان نامی را می‌توان با اندازه‌گیری مقاومت پیچک اصلی بلافاصله بعد از آزمون تعیین کرد. از آن جا که همواره یک فاصله زمانی بین پایان آزمون و اندازه‌گیری مقاومت وجود خواهد داشت توصیه می‌شود که حداقل در چهار زمان مختلف با فاصله زمانی ۳ دقیقه مقدار مقاومت اندازه‌گیری شود و مقادیر بر حسب زمان در یک نمودار رسم شوند. به کمک تقریب منحنی همانند شکل (۳-۱) می‌توان مقدار مقاومت را در زمان صفر یعنی درست بعد از پایان آزمون تعیین کرد.

شکل ۳-۱: منحنی خنک شدن پیچک اصلی



مقدار ضریب حرارتی یعنی α و $T = \frac{1}{\alpha}$ در جدول (۳-۱) داده شده است. لازم است که سازنده مقدار ضریب α و یا T را برای ماده مورد استفاده در پیچک اصلی ارائه دهد.

جدول ۳-۱: ضریب α و T

هادی مورد استفاده	$\alpha = \frac{1}{T}$ (1/°C)	$T = \frac{1}{\alpha}$ (°C)
آلومینیوم	۰/۰۰۴۴۴	۲۲۵
مس	۰/۰۰۴۲۶	۲۳۵
آلدری[1]	۰/۰۰۳۶۰	۲۷۸

دمای پیچک اصلی در پایان آزمون θ_2 را می‌توان به کمک اندازه‌گیری مقاومت در آن دما یعنی R_2 و مقاومت اندازه‌گیری شده یعنی R_1 در یک دمای دیگر θ_1 بر طبق رابطه زیر تعیین کرد:

$$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1}.(225+\theta_1) - 225 \qquad \text{برای آلومینیوم}$$

$$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1}.(235+\theta_1) - 235 \qquad \text{برای مس} \qquad (۳-۲)$$

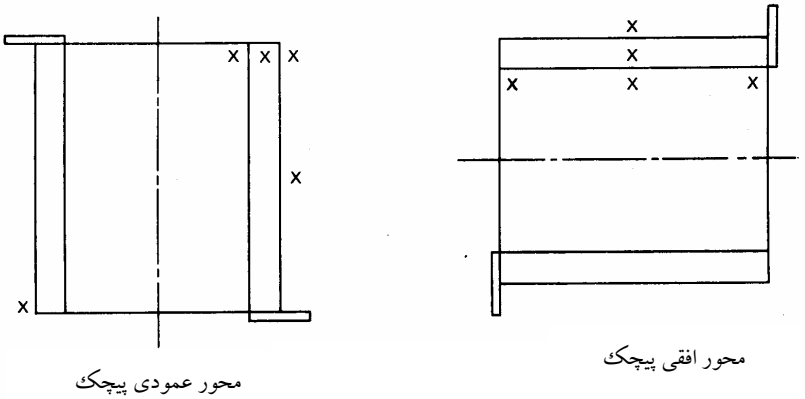
$$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1}.(278+\theta_1) - 278 \qquad \text{برای آلدری}$$

که در آنها θ_1 و θ_2 بر حسب درجه سانتیگراد هستند.

میانگین افزایش درجه حرارت به صورت اختلاف بین دمای نهایی θ_2 و دمای محیط تعریف می‌شود.

ب _ تعیین افزایش درجه حرارت در گرمترین نقطه:

افزایش درجه حرارت گرمترین نقطه عبارت است از اختلاف بین دمای گرمترین نقطه که در حداقل پنج نقطه مطابق شکل (۳-۲) اندازه‌گیری شده و دمای محیط در پایان آزمون.



شکل ۳-۲: نقاط اندازه‌گیری دما

1. Aldery

موج‌گیر باید در موقعیتی شبیه به موقعیت نصب تحت این آزمون قرار گیرد. در این شکل علامت × نقاط اندازه‌گیری را نشان می‌دهد و منظور از محور افقی و عمودی نحوه قرار گرفتن پیچک است.

در این آزمون می‌توان از ترموکوپل[1]، دماسنج[2]، کاغذ حساس به حرارت[3] و یا سایر وسایل مناسب جهت اندازه‌گیری افزایش حرارت استفاده گردد.

اندازه‌گیری افزایش دما به کمک ترموکوپلها ممکن است با مشکلاتی همراه باشد، چرا که ولتاژ دو سر پیچک اصلی می‌تواند بر مقادیر قرائت شده تاثیر گذارد. در جائی که محور پیچک اصلی عمودی باشد، معمولاً گرمترین نقطه در بالای سیم‌پیچ خواهد بود.

۳-۲-۲- اندازه‌گیری ولتاژ تداخل رادیویی

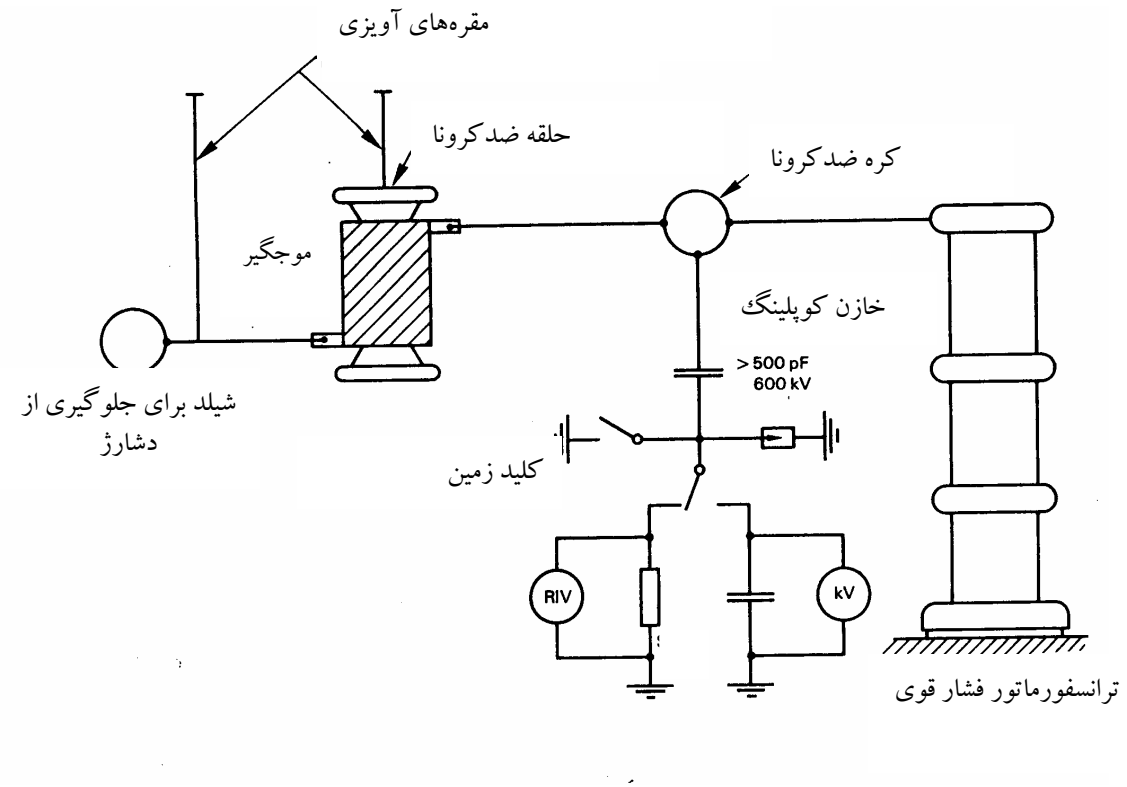
شکل (۳-۳) روش تعیین این امر را که تحت شرایط کاری، موج‌گیر ولتاژ تداخل رادیوئی ایجاد می‌کند یا خیر، نشان می‌دهد. محیطی که آزمون در آن انجام می‌شود بایستی پاک و خشک (رطوبت ۷۵٪ - ۵۰٪) باشد. همچنین سطح تداخل زمینه‌ای نباید بیش از ۵۰ میکروولت باشد. ولتاژ آزمون برابر $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$ ۱/۱۵ خواهد بود که U_m حداکثر ولتاژ سیستم است. جدول (۳-۲) رابطه بین ولتاژ سیستم و ولتاژ آزمون را نشان می‌دهد. آزمون بایستی با استاندارد IEC شماره ۶۰۲۷۰ مطابقت داشته باشد و از وسیله‌ای جهت اندازه‌گیری استفاده شود که مورد توافق بوده و از نظر تجاری در دسترس باشد. حد مجاز ولتاژ تداخل رادیویی ۲۵۰۰ میکروولت است.

وسیله اندازه‌گیری بایستی قادر به اندازه‌گیری سیگنالها در مد شبه پیک[4] در باند ۰/۵ تا ۱/۵ مگاهرتز و با پهنای باند ۹ کیلوهرتز باشد. امپدانس ورودی وسیله باید تقریباً ۱۵۰Ω باشد.

جدول ۳-۲ : رابطه بین ولتاژ ماکزیمم سیستم و ولتاژ آزمون تداخل رادیویی

ولتاژ آزمون تداخل رادیوئی (kV)	ماکزیمم ولتاژ سیستم قدرت (kV)
۴۸	۷۲/۵
۹۷	۱۴۵
۱۶۳	۲۴۵
۲۸۰	۴۲۰

1. Thermocouple
2. Thermometer
3. Thermally sensitive paper
4. Quasi peak mode



شکل ۳-۳ : مدار آزمون ولتاژ تداخل رادیوئی

۳-۲-۳- آزمونهای عایقی

از بین دو آزمونی که در زیر می‌آید، بنا به توافق بین سازنده و خریدار، تنها لازم است که یک آزمون انجام گیرد. در شرایط خاص توافق بین طرفین، انجام هر دو آزمون می‌تواند مزایایی در بر داشته باشد.

۳-۲-۳-۱- آزمون ولتاژ ضربه

آزمون ولتاژ ضربه را می‌توان به دو صورت زیر انجام داد:

- روش اول:

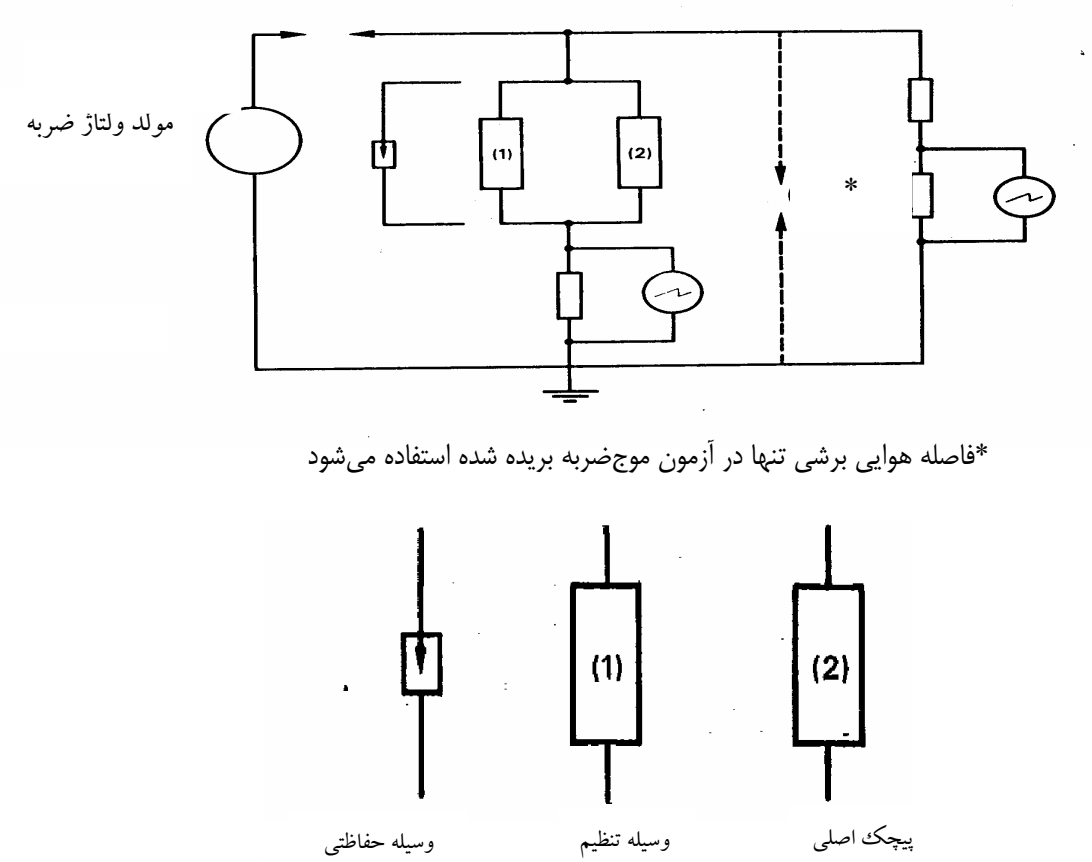
برای انجام این آزمون وسیله محافظ با وسیله‌ای که ولتاژ جرقه‌ای[1] تا ۳۰٪ بالاتر از وسیله محافظ اصلی دارد و از همان نوع جایگزین می‌شود. حد بالای ولتاژ جرقه بایستی مربوط به وسیله حفاظتی باشد که بر طبق استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۹۹ بالاترین مقدار نامی بعدی را دارد.

بایستی دقت شود که اگر نیازمندیهای آزمون به خاطر مشخصات ذاتی وسیله حفاظتی برآورده نشود بایستی از یک شکاف هوایی کره‌ای به جای آن استفاده شود.

1. Sparkover voltage

ولتاژی که شکل موج پیشانی آن حداقل $۲۰۰ \frac{kV}{\mu s}$ باشد و دامنه آن به گونه‌ای باشد که در پیشانی موج، برقگیر حتماً جرقه بزند، بایستی به ترمینالهای موج‌گیر اعمال شود.

مدار پیشنهادی جهت آزمون در شکل (۳-۴) نشان داده شده، اما در این مدار بجای برقگیر از فاصله هوایی برشی[1] استفاده شده است.



*فاصله هوایی برشی تنها در آزمون موج‌ضربه بریده شده استفاده می‌شود

شکل ۳-٤ : مدار انجام آزمون ولتاژ ضربه

ولتاژ آزمون بایستی به ترتیب زیر به هر یک از ترمینالها اعمال شده در حالیکه ترمینال دیگر زمین شده است.

الف) یک ولتاژ ضربه کاهش یافته به مقدار تقریبی ۵۰٪ ولتاژ جرقه وسیله حفاظتی

ب) پنج ولتاژ ضربه کامل مثبت و پنج ولتاژ ضربه کامل منفی

ج) تکرار مورد "الف"

تغییرات عمده در مشخصه سدکنندگی موج‌گیر قبل و بعد از آزمون و همچنین تغییرات در خروجی‌های اسیلوگراف می‌تواند مشخصات غیرنرمال عایق و سایر تأثیرات ناشی از آزمون را نشان دهد.

1. Chopping gap

- روش دوم :

در این حالت وسیله حفاظتی از مدار جدا می‌شود ولی وسیله تنظیم در مدار قرار دارد (مانند اینکه سیستم تنظیم در شرایط کاری خود باشد). ولتاژی به شکل موج μs ۵۰-۱۰/ ۱/۲ به ترمینالهای موج‌گیر اعمال می‌گردد. مقدار پیک ولتاژ بایستی حداقل از ۳۰٪ پیشانی ولتاژ جرقه و یا ولتاژ باقیمانده [1] در جریان دشارژ نامی بالاتر باشد. مدار پیشنهادی جهت این آزمون در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. ولتاژ آزمون بایستی به هر یک از ترمینالها در حالیکه ترمینال دیگر زمین شده اعمال شود. رویه انجام آزمون به شکل زیر است:

الف) یک ولتاژ ضربه کاهش یافته به مقدار ۵۰٪ پیک ولتاژی که قبلاً تعریف شد.

ب) یک ولتاژ ضربه کامل

ج) دو موج مثبت و دو موج منفی ۱۰۰ بریده شده [2] درصد با حداکثر زمان تا لحظه برش برابر ۵ میکروثانیه و حداکثر زمان فروپاشی ولتاژ [3] در طول برش به مقدار ۰/۴ میکروثانیه.

د) سه ولتاژ ضربه مثبت و سه ولتاژ ضربه منفی کامل

هـ) تکرار موارد "الف"

تغییرات عمده در مشخصه سدکنندگی موج‌گیر قبل و بعد از آزمون و همچنین در خروجی‌های اسیلوگراف می‌تواند مشخصات غیرنرمال عایق و سایر تأثیرات ناشی از آزمون را نشان دهد.

۳-۲-۳-۲- آزمون ولتاژ فرکانس قدرت بر روی وسیله تنظیم

برای انجام این آزمون وسیله حفاظتی از پیچک اصلی جدا شده و ولتاژی به اندازه ۱۳۰ درصد ولتاژ محاسبه شده از رابطه (۲-۱)، برای مدت ۵ ثانیه به آن اعمال می‌شود.

۳-۲-٤- آزمون جریان کوتاه‌مدت [4]

این آزمون جهت اثبات استقامت مکانیکی و حرارتی موج‌گیر در مقابل جریان نامی کوتاه‌مدت (I_{KN}) طراحی شده است. در این آزمون موج‌گیر به صورت کامل یعنی به همراه وسیله محافظ و تنظیم تحت آزمون قرار می‌گیرد.

۳-۲-٤-۱- استقامت مکانیکی

استقامت مکانیکی موج‌گیر بایستی با اعمال یک جریان اتصال کوتاه نامتقارن که پیک اول آن کمتر از ۲/۵۵ برابر I_{KN} نیست، تأئید شود. مدت زمان جریان نامتقارن کوتاه‌مدت بایستی حداقل برابر ۵ سیکل باشد. سایر دوره‌های آزمون می‌تواند با توافق سازنده و خریدار انتخاب شود.

1. Residual voltage
2. Chopped impulse
3. Voltage collapse
4. Short-time

۳-۲-٤-۲- رفتار حرارتی

استقامت حرارتی موج‌گیر بایستی با اعمال جریان کوتاه‌مدتI_{KN} برای مدت زمان ۱ ثانیه، تأئید شود.

در صورتیکه نتوان آزمون را تحت شرایط بالا انجام داد، می‌توان آزمون را در دوره t و جریان I انجام داد، بطوریکه $I^2.t$ کمتر از $I^2_{KN}.t_N$ نباشد و t مقداری بین ۰/۵ تا ۲ ثانیه داشته باشد، $t_N=1s$ می‌باشد.

با بازرسی چشمی و اندازه‌گیری قابلیت سدکنندگی موج‌گیر قبل و بعد از آزمون، می‌توان توانایی موج‌گیر را در مقابل این آزمون تعیین نمود.

در صورتی که وسیله آزمون توانایی اعمال قدرت کافی را نداشته باشد، دمای نهایی θ_1 را می‌توان بنا به رابطه (۳-۳) محاسبه کرد. این دما نباید از مقدار مشخص شده برای کلاس حرارتی عایق در جدول (۳-۲) بیشتر باشد.

جدول ۳-۲: حداکثر مجاز دمای متوسط موج‌گیر

مقدار θ2 برای آلومینیم و مس (°C)	کلاس حرارتی عایق (°C)
۱۸۰	۱۰۵ (A)
۲۰۰	۱۲۰ (E)
۲۵۰	۱۳۰ (B)
۲۵۰	۱۵۵ (F)
۲۵۰	۱۸۰ (H)
۳۰۰	۲۲۰ (C)

$$\theta_1 = \theta_0 + aJ^2t.10^{-3} \qquad (۳-۳)$$

که در این رابطه :

θ_1 : دمای نهایی بر حسب درجه سانتیگراد

θ_0 : دمای اولیه برحسب درجه سانتیگراد

J : چگالی جریان اتصال کوتاه بر حسب آمپر بر میلی‌متر مربع

t : دوره آزمون بر حسب ثانیه

a : تابعی از $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ بر طبق جدول (۳-۳) بر حسب $(\frac{^\circ C.mm^4}{A^2.S})$ که θ_2 مقدار حداکثر مجاز دمای متوسط بر طبق جدول (۳-۲) می‌باشد.

جدول ۳-۳: مقادیر فاکتور a

$\frac{1}{2}(\theta_2+\theta_0)$ (°C)	a تابعی از $\frac{1}{2}(\theta_2+\theta_0)$ $\left(\frac{°C.mm^4}{A^2.S}\right)$	
	مس	آلومینیم
۱۴۰	۷/۴۱	۱۶/۵
۱۶۰	۷/۸۰	۱۷/۴
۱۸۰	۸/۲۰	۱۸/۳
۲۰۰	۸/۵۹	۱۹/۱
۲۲۰	۸/۹۹	۲۰/۰
۲۴۰	۹/۳۸	۲۰/۹
۲۶۰	۹/۷۸	۲۱/۸

دمای شروع (θ_0) باید مجموع دمای محیط و افزایش درجه حرارت اندازه‌گیری شده مربوطه که ناشی از تغییرات مقاومت است، باشد.

ترجیح بر آن است که آزمون استقامت مکانیکی و رفتار حرارتی به صورت همزمان در یک دوره یک ثانیه‌ای انجام شوند.

۳-۲-۵- اندازه‌گیری اندوکتانس نامی پیچک اصلی

در هنگام انجام این آزمون پیشنهاد می‌شود که موج‌گیر از سازه‌ها، وسایل و مواد فلزی حداقل به اندازه یک قطر فاصله داشته باشد. مجاورت با هر نوع وسیله فلزی می‌تواند بر دقت اندازه‌گیری تأثیر گذارد. کلیه سیم‌های ارتباطی بایستی تا حد ممکن کوتاه باشند.

مدار اندازه‌گیری پیشنهادی در شکل (۳-۵) آمده است. در این شکل :

L_{tN} : اندوکتانس نامی پیچک اصلی (H)

C_r : خازن خودی پیچک اصلی (F)

R_x : مقاومت معادل پیچک اصلی (Ω)

C_B : خازن متغیر

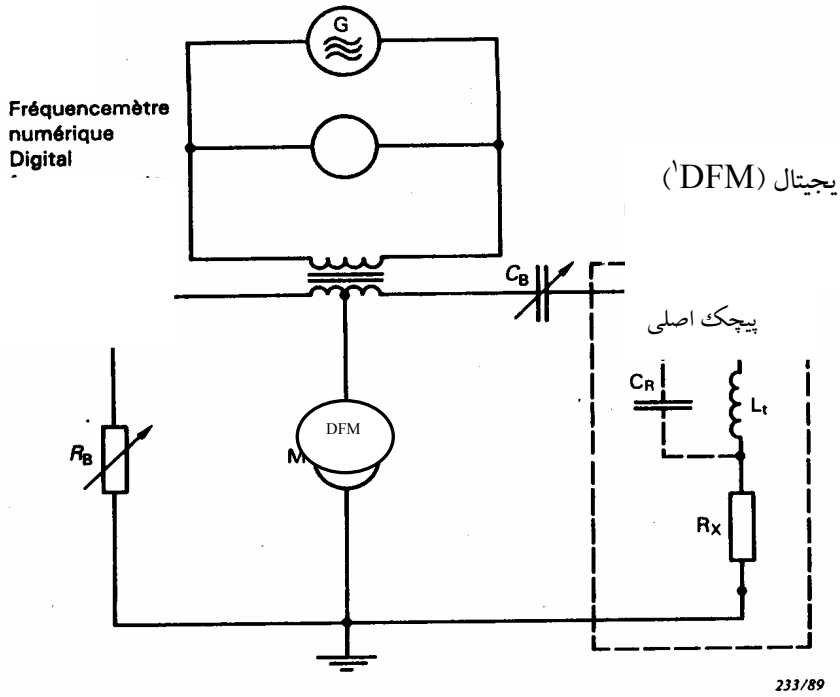
G : مولد سیگنال فرکانس حامل

R_B : مقاومت متغیر می‌باشد.

C_B و R_B به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که در فرکانسهای $f_2 = 70KHz, f_1 = 140KHz$ وسیله اندازه‌گیری M کمترین مقدار را نشان دهد. به این ترتیب دو مقدار C_{B1} و C_{B2} را می‌توان تعیین کرد. رابطه زیر مقدار اندوکتانس پیچک اصلی را بدست می‌دهد.

$$L_{tN} = \frac{1}{4\pi^2.(C_{B1}-C_{B2})}\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \qquad (۴-۴)$$

همچنین R_X برابر مقاومت معادل پیچک اصلی (R_B) می‌باشد.



شکل ۳-۵: آرایش مداری جهت اندازه‌گیری اندوکتانس نامی

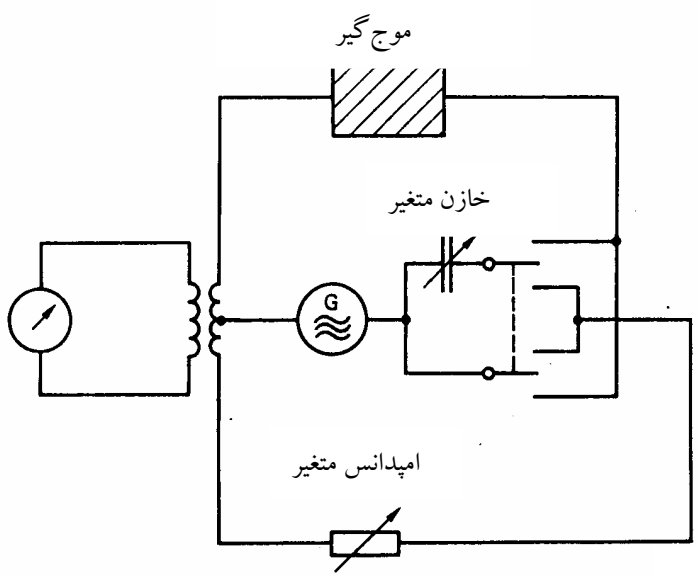
۳-۲-۶- اندازه‌گیری اندوکتانس فرکانس قدرت پیچک اصلی

این آزمون به کمک روش ولتاژ- جریان (اندازه‌گیری ولتاژ و جریان) در فرکانس قدرت یا هر فرکانسی تا ۱۰۰ هرتز انجام می‌شود.

۳-۲-۷- اندازه‌گیری مقاومت و امپدانس سدکنندگی

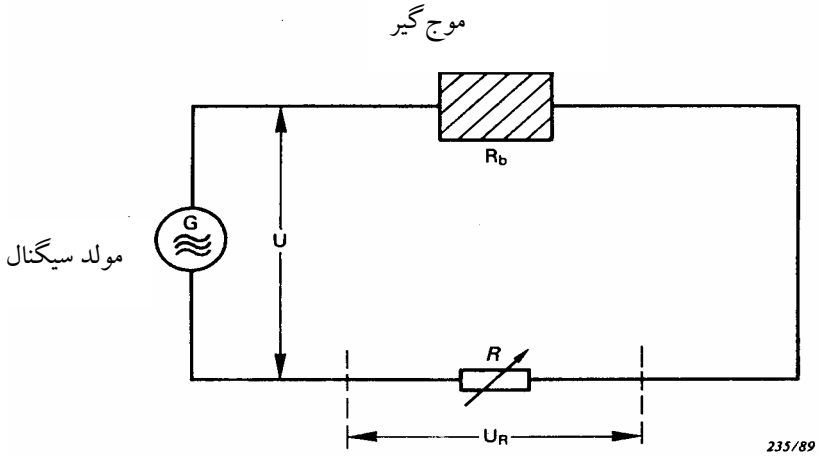
بازه فرکانسی مشخص شده، امپدانس و مقاومت سدکنندگی موج‌گیر در یک بازه فرکانسی مشخص شده بایستی به روش پل[1] که در شکل (۳-۶) نشان داده شده، تعیین گردد. روشهای مشابهی که دقت آنها قابل اثبات باشد نیز می‌توان استفاده کرد.

1. Digital frequency meter



شکل ۳-٦ : مدار اندازه‌گیری امپدانس سدکننده

در موج‌گیرهایی که از تشدید ساده استفاده می‌کنند[1]، با توافق بین سازنده و خریدار، لازم نیست که آزمون بر روی کلیه موج‌گیرهای تولیدی در یک سری انجام شود. در این حالت کافیست که مقدار امپدانس در فرکانس تنظیم شده [2] تعیین شود. برای این کار می‌توان از مدار شکل (۳-۷) استفاده نمود. این روش تنها زمانی با پاسخ دقیق همراه است که امپدانس سدکنندگی مقاومتی باشد. در فرکانس تنظیم شده، ولتاژ U_R حداقل است. با ثابت نگه داشتن ولتاژ U و تغییر مقاومت R تا زمانی که $U_R = U/2$ شود می‌توان مقدار مقاومت سدکنندگی را تعیین کرد که برابر R خواهد بود. در این آزمایش امپدانس داخلی مولد سیگنال [3] بایستی کوچک باشد.



شکل ۳-۷ : آرایش مداری جهت اندازه‌گیری مقاومت سدکننده

1. Utilizing simple resonance
2. Tuning frequency
3. Signal generator

۳-۲-۸- اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب و تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکنندگی

روشی پیشنهادی جهت تعیین تلفات نقطه انشعاب در شکل (۳-۸) آمده است. مقدار تلفات انشعاب را می‌توان بر اساس روابط زیر محاسبه کرد :

$$A_t = 20Log_{10}\left|\frac{U_1}{U_2}\right| = 20Log_{10}\left|1+\frac{Z_1}{2Z_b}\right| \qquad (۵-۳)$$

$$A_{tR} = 20Log_{10}\left|\frac{U_1}{U_2}\right| = 20Log_{10}\left|1+\frac{Z_1}{2R_b}\right| \qquad (۶-۳)$$

که در آنها :

A_t: تلفات نقطه انشعاب بر حسب dB

A_t: تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکنندگی بر حسب dB

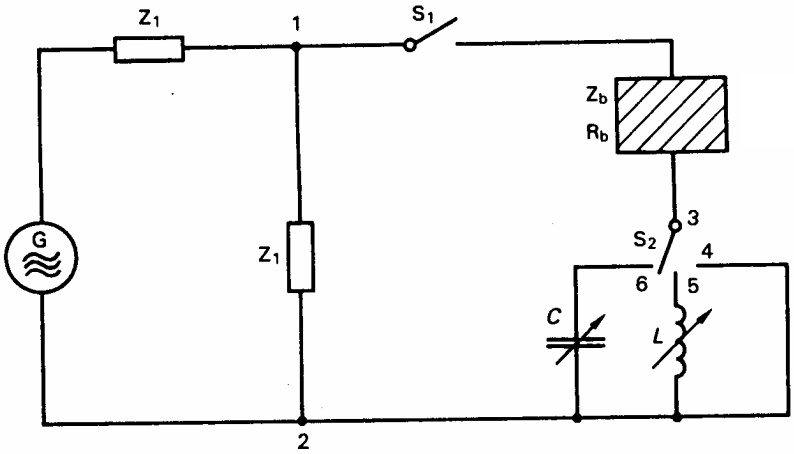
Z_1 : مقاومت معادل با امپدانس مشخصه خط

Z_b : امپدانس سدکننده

R_b : مقاومت سدکننده

U_1 : ولتاژ بین ترمینالهای ۱ و ۲ هنگامیکه S_1 باز است.

U_2 : ولتاژ بین ترمینالهای ۱ و ۲ هنگامیکه سوئیچ S_1 بسته است و سوئیچ S_2 در موقعیت ۴-۳ (هنگام اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب) یا موقعیت ۳-۵ (هنگام اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکنندگی) است.



شکل ۳-۸ : آرایش مداری جهت اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب

هنگام اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکننده، مؤلفه راکتیو امپدانس موج‌گیر بایستی توسط تنظیم خازن C یا اندوکتانس L جبران شود، به همین دلیل دو موقعیت برای سوئیچ S_2 در نظر گرفته شده است.

نکته: اگر اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب به این روش انجام شود، اندازه‌گیری امپدانس سدکننده و مقاومت سدکننده می‌تواند حذف شود و بالعکس.

۳-۳- آزمونهای جاری

آزمونهای جاری موج‌گیر شامل موارد زیر است:

۳-۳-۱- آزمون تحمل ولتاژ فرکانس قدرت وسیله تنظیم

این آزمون مطابق با بند (۳-۲-۳-۲) انجام می‌شود.

۳-۳-۲- اندازه‌گیری اندوکتانس نامی پیچک اصلی

این آزمون مطابق با بند (۳-۲-۵) انجام می‌شود.

۳-۳-۳- اندازه‌گیری اندوکتانس فرکانس قدرت پیچک اصلی

این آزمون مطابق با بند (۳-۲-۶) انجام می‌شود.

۳-۳-٤- اندازه‌گیری مقاومت و امپدانس سدکنندگی

این آزمون مطابق با بند (۳-۲-۷) انجام می‌شود.

۳-۳-۵- اندازه‌گیری تلفات نقطه انشعاب و تلفات نقطه انشعاب بر پایه مقاومت سدکننده

این آزمون مطابق با بند (۳-۲-۸) انجام می‌شود.

۳-۳-٦- بررسی ظاهری

وضعیت ظاهری موج‌گیر باید مورد بررسی و بازدید قرار گیرد.

فصل ۴

دستورالعملهاي نگهداري و بازديد

در این فصل دستورالعمل‌های نگهداری موج‌گیر ارائه خواهد شد. همچنین نحوه بازدیدهای دوره‌ای و انجام سرویس روی موج‌گیر نیز از دیگر مباحث مطرح شده در این فصل خواهد بود.

٤-١- نگهداری

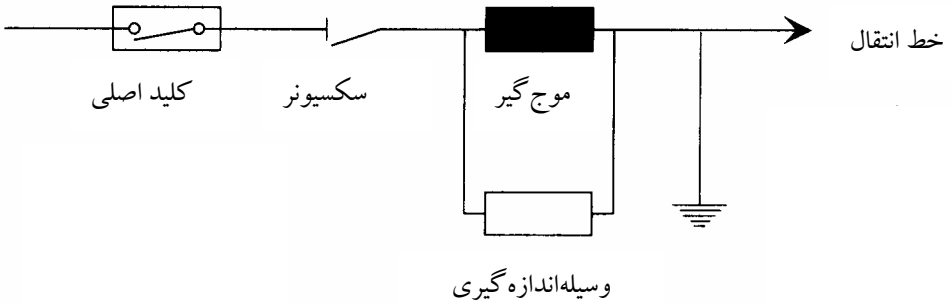
در بازه‌های نرمال تعمیرات تجهیزات پست، پیشنهاد می‌شود مشاهدات و عملیات زیر بر روی موج‌گیر انجام شود:

- کلیه پیچهای وسیله محافظ، برقگیر، پیچک اصلی، پایه، مقره‌های اتکایی، خازن کوپلاژ و CVT بر طبق مقادیر گشتاور ارائه شده در کاتالوگ محکم شده باشند.
- در هنگام بروز آلودگیهای شدید پیشنهاد می‌شود که موج‌گیر تمیز شود.
- بایستی از آلوده شدن سطح پیچک اصلی به روغن ترانسفورماتور یا سایر روغنها جلوگیری شود. کلیه عملیات بر روی موج‌گیر، بایستی توسط پرسنل آموزش دیده انجام شود.

٤-١-١- بازبینی مشخصات موج‌گیر

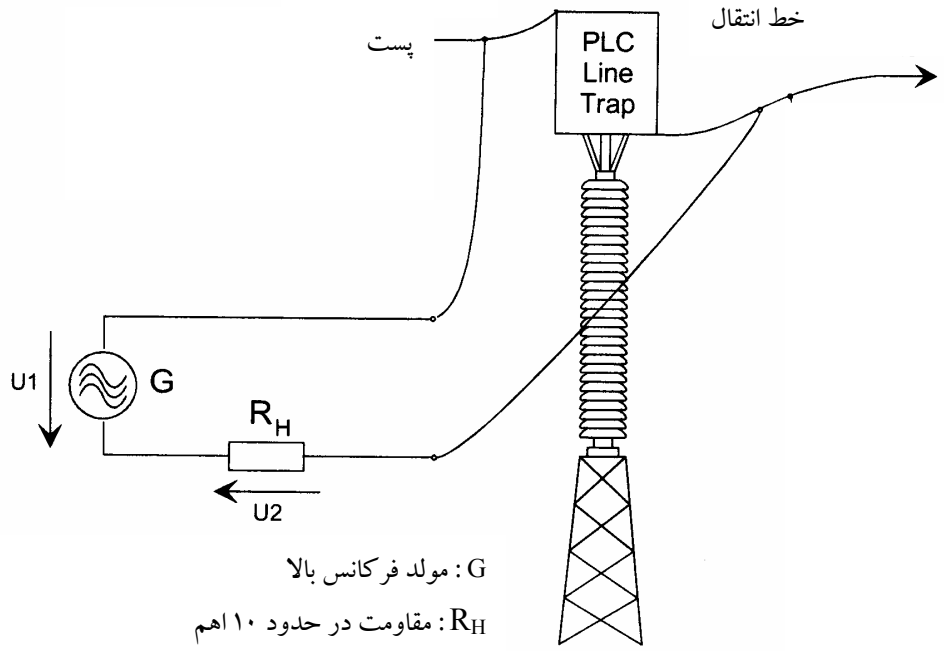
در صورت عملکرد نادرست فرکانسی، امپدانس سدکننده موج‌گیر بایستی اندازه‌گیری شود.

از آنجا که در پست امکان اندازه‌گیری بوسیله روش پل وجود ندارد، مدار شکل (۴-۱) برای این کار پیشنهاد می‌شود.



شکل ٤-١: نحوه اندازه‌گیری امپدانس سدکننده

شکل(۴-۲) نحوه دقیق این اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. بایستی دقت کرد که در این روش نمی‌توان جزء مقاومتی امپدانس سدکننده را اندازه‌گیری کرد.



شکل ٤-۲: دیاگرام مداری اندازه‌گیری امپدانس سدکننده

٤-۱-۲- تعویض وسیله تنظیم

این امکان وجود دارد که به دلیل تغییر باندهای فرکانسی تخصیص داده شده و یا سایر موارد، لازم باشد پهنای فرکانسی و امپدانس سدکننده تغییر یابد. در این حالت لازمست که وسیله تنظیم با یک وسیله تنظیم دارای مشخصات لازم جایگزین شود. در این موارد بایستی با شرکت سازنده موج‌گیر تماس گرفته شده و درخواست تعویض وسیله تنظیم مطرح شود. هنگام تعویض وسیله فقط لازمست متعلقاتی مثل حفاظ پرنده‌گیر و یا حلقه‌های کرونا، پیش از وسیله تنظیم از موج‌گیر جدا شوند.

٤-۱-۳- تعویض وسیله حفاظتی (برقگیر)

بایستی دقت شود که برقگیر جدید مشخصاتی دقیقاً همانند برقگیر قبلی از نظر نوع، ولتاژ نامی و ... داشته باشد.

٤-۲- دستورالعمل بازدیدهای دوره‌ای موج‌گیر

از آنجایی که بازدیدهای دوره‌ای نقش مؤثری در جلوگیری از آسیب رسیدن به موج‌گیرها دارند، کلیه بهره‌بردارن ملزم به رعایت دستورالعملهای تدوین‌شده در این زمینه می‌باشند. نحوه یا زمان بازدید بستگی به خصوصیات موج‌گیر مورد استفاده و اهمیت موج‌گیرهای مورد نظر و شرایط محیطی پست داشته و علاوه بر این دستورالعملهای صادره از سوی سازنده موج‌گیر نیز باید مدنظر قرار گیرد. با توجه به عوامل فوق‌الذکر بازدیدهای روزانه، هفتگی و ماهانه از موج‌گیرها مورد نیاز خواهد بود.

هدف از تدوین این دستورالعمل ارائه چگونگی انجام بازدیدهای دوره‌ای جهت موجگیرها می‌باشد که باید توسط اپراتورها انجام گرفته و در فرمهای مربوطه ثبت و به صورت مرتب به مسئولین مربوط گزارش شود.

٤-۲-۱- بازدیدهای روزانه از موج‌گیر

در بازدیدهای روزانه موج‌گیر در صورت مشاهده عیبی در آن، مشخصات موج‌گیر به همراه نوع اشکال مشاهده شده باید در فرم مخصوصی که در پیوست (۴-۱) ارائه شده است، ثبت گردد تا بر اساس نوع اشکال ثبت شده، از طریق مسئولین مربوطه در مورد ادامه بهره‌برداری از موج‌گیر تصمیم‌گیری گردد.

بازدید روزانه از موج‌گیر شامل موارد زیر است :

- وضعیت ظاهری از نظر صدای غیرعادی
- وضعیت مقره‌ها از نظر آلودگی، ترک و شکستگی

٤-۲-۲- بازدیدهای هفتگی از موج‌گیر

بازدیدهای هفتگی از موج‌گیر در واقع بازدیدهایی هستند که با اعمال آنها، وضعیت دقیق‌تری از موج‌گیرها نسبت به بازدیدهای روزانه فراهم می‌شود و سعی شده است اهم مواردی که بازدیدکننده ممکن است با آنها برخورد کند در نظر گرفته شود. در هنگام انجام بازدیدهای هفتگی از موج‌گیرها باید فرم مخصوص بازدیدهای هفتگی موج‌گیرها که در پیوست (۴-۲) آورده شده است، تکمیل گردد.

مواردی که در بازدید هفتگی موج‌گیرها باید لحاظ گردند عبارتند از :

- سالم یا معیوب بودن وضعیت ظاهری
- وجود یا عدم وجود ترک و شکستگی در مقره‌ها
- کامل یا ناقص بودن وضعیت هادیهای ورودی و خروجی فشارقوی
- سایر اشکالات مشاهده شده

٤-۲-۳- بازدیدهای ماهیانه از موج‌گیر

بازدیدهای ماهیانه موج‌گیر که در واقع بصورت دقیق‌تر انجام می‌گیرند، دربرگیرنده کلیه معایبی هستند که ممکن است در موج‌گیرها وجود داشته باشد و در واقع این بازدید پوشش‌دهنده بازدیدهای روزانه و هفتگی است، ولی این بازدیدها دلیلی بر عدم انجام بازدیدهای روزانه و هفتگی نخواهد بود.

در هنگام انجام بازدیدهای ماهیانه، همانند بازدیدهای روزانه و هفتگی، موارد اشکال مشاهده شده باید در فرم مخصوص بازدیدهای ماهیانه موج‌گیرها که در پیوست (۴-۳) ارائه گردیده است، ثبت گردند.

مواردی که در هنگام انجام بازدیدهای ماهیانه موج‌گیر باید مورد بررسی قرار گیرند، عبارتند از :

- کامل یا ناقص بودن اتصال هادیهای ورودی فازهایی که موج‌گیر روی آنها قرار دارد
- سالم یا معیوب بودن توریهای طرفین فازهایی که موج‌گیر روی آنها قرار دارد
- سایر اشکالات مشاهده شده

٤-۳- سرویسهای دوره‌ای موج‌گیر

سرویس و تعمیرات به موقع و همچنین آزمونهای دوره‌ای و پیشگیرانه موج‌گیرها علاوه بر اینکه در سلامتی و طولانی شدن عمر آنها مفید خواهد بود، از آسیب دیدن و یا تعمیرات اصلاحی مکرر نیز جلوگیری به عمل می‌آورد.

دستورالعمل ارائه شده در اینجا به همراه دستورالعلمهای سازنده موج‌گیر باید مورد توجه قرار گیرند. معمولاً این سرویسها به صورت سالیانه انجام می‌گیرند، مگر اینکه سازنده دوره زمانی مشخصی را تعیین نماید.

٤-۳-۱- مراحل انجام کار

- کنترل و آچارکشی اتصالات (استراکچر و ترمینال فشارقوی)
- کنترل وضعیت ظاهری و مقره و تمیز نمودن آنها در صورت نیاز
- اندازه‌گیری امپدانس سدکننده
- سرویسهای دوره‌ای مربوط به برقگیر موج‌گیر، که در نشریه مربوطه آمده است

٤-۳-۲- مهارتهای لازم

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر
- کارگر ماهر یک نفر

٤-۳-۳- تجهیزات لازم

- جعبه ابزار کامل
- وسایل لازم جهت اندازه‌گیری امپدانس سدکننده
- سمباده
- خودرو و بالابر
- کلیه وسایل لازم جهت سرویس دوره‌ای برقگیر موج‌گیر، که در نشریه مربوطه آمده است.

پیوست (٤-١) فرم بازدید روزانه موج‌گیر

نام پست ولتاژ: ماه: سال:

ردیف	نام تجهیز یا سیستم معیوب	ولتاژ	شماره تجهیز	وضعیت		ایام ماه																																									
						١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										
				معیوب																																											
				بهره‌برداري	مجاز																																										
					غیرمجاز																																										

نام و نام خانوادگي اپراتور بازديدكننده و امضاء

نام و نام خانوادگي مسئول پست و امضاء

پیوست (٤-٢) : فرم بازدید هفتگی موج‌گیر

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: نام فیدر: شماره بی:

موضوع بازدید و شماره ردیف / تاریخ بازدید	وضعیت ظاهری		ترک و شکستگی مقره‌ها				اتصالات هادی‌های ورودی - خروجی		سایر اشکالات موج‌گیر	امضاء اپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست
	سالم	معیوب	ندارد	دارد			کامل	ناقص			
				A	B	C					

پیوست (٤-٣) : فرم بازدید ماهانه موج‌گیر

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: نام فیدر: شماره بی:

موضوع بازدید و شماره ردیف / تاریخ بازدید	اتصالات هادی ورودی				توریهای طرفین				سایر اشکالات موج‌گیر	امضاء اپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست
	کامل	ناقص			سالم	معیوب					
		A	B	C		A	B	C			

مراجع

1- IEC60 353, " Line traps for a.c. power systems".
2- IEC60 663, " Planning of (single – sideband) Power Line Carrier system".
3- IEC60 495, " Single sideband Power – Line Carrier terminals".
4- ANSI/IEEE std 643, " IEEE Guide for Power – line Carrier Applications".
5- ANSI C93.3, "Requirements for power – line carrier Line traps".

۶- استاندارد تله موجهای سطح ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت، فروردین ۱۳۷۵

۷- استاندارد پستهای (۳۳)۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی، جلد ۱۲۱۸ : تله‌خط، خرداد ۱۳۷۵

۸- استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ، جلد۲۰۹ : معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب موج‌گیر و تجهیزات کوپلینگ، تیر ۱۳۷۷

۹- استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۳۰۹ : مشخصات فنی موج‌گیر و تجهیزات کوپلینگ

۱۰- استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، شماره استاندارد ۴۰۵-۷۳: تعمیرات، سرویس و آزمونهای دوره‌ای تجهیزات بیرونی پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، ۱۳۸۰

۱۱- استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، شماره استاندارد شماره ۴۰۶-۷۳ : آزمونهای دوره‌ای تجهیزات حفاظت و کنترل پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، ۱۳۸۱

۱۲- استاندارد و آئین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، شماره استاندارد ۴۰۴-۷۳ : بازدیدهای دوره‌ای، ۱۳۷۹

13- Instruction for RFL 9550 Line trap, available on : www. Rflelect.com
14- Installation, Commissioning and operation Instructions for PLC Line trap type DLTC: HENF 91021, available on : www.ABB.com

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

این نشریه

با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال – موج گیرها در پست های فشار قوی » جلد دوم از مجموعه دو جلدی است. در این مجلد مباحث مربوط به معرفی، شناخت و نصب موج گیرها، معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب، الزامات استاندارد وآزمون ها، و دستورالعمل های نگهداری و بازدید، برای موج گیرهای ۶۳ تا ۴۰۰ کیلو ولت ارائه شده است.