

شاخص‌های فروپاشی ولتاژ

نویسندگان

حمید رضا سلیمانی - مهیار عباسی



انتشارات قدیس

www.Qeddīs.com

سرشناسه : سلیمانی، حمیدرضا، ۱۳۴۶ -
 عنوان و نام پدیدآور : مقایسه شاخص‌های فروپاشی ولتاژ/ گردآوری و تألیف حمیدرضا سلیمانی، مهیار عباسی.
 مشخصات نشر : تهران: قدیس، ۱۳۹۴.
 مشخصات ظاهری : ۸۸ ص.
 شابک : 978-600-8050-00-1 : ۱۰۰۰۰۰ ریال
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : کتابنامه.
 موضوع : برق — سیستم‌ها — تلفات
 موضوع : برق — سیستم‌ها — پایداری
 موضوع : برق — سیستم‌ها — حفاظت
 شناسه ا. ا. ده : عباسی، مهیار، ۱۳۶۸ -
 رده بندی شنگره : TK۱۰۰۵/م۷۱۳۹۴
 رده بندی ربی : ۳۱۲/۶۲۱



انتشارات قدیس

مقایسه شاخص‌های فروپاشی ولتاژ

نویسندگان: حمیدرضا سلیمانی - مهیار عباسی

ناشر: قدیس

صفحه‌آرایی: سعید اسدی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: رادین، گلبرگ

نوبت و سال چاپ: اول، ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۵۰۰۰-۱

حق چاپ محفوظ و منحصرأ مخصوص ناشر است.

دفتر مرکزی و مرکز پخش:

تهران: خیابان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، پایین‌تر از وحید نظری، نبش بن‌بست حقیقت، پلاک ۴ واحد ۵

تلفن: ۶۶۴۰۳۵۴۸ - ۶۶۴۱۱۳۸۱ - ۶۶۷۱۵۲۵۵

کتابفروشی الیاس: تهران، خیابان انقلاب، نبش خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۱۳۱۰ تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۴

چکیده

در این کتاب مقایسه‌ای بین شاخص‌های مختلف پایداری ولتاژ انجام شده است. این شاخص‌ها را می‌توان بر اساس اختار و کاربردشان به چند دسته تقسیم نمود:

دسته اول شاخص‌هایی هستند که بر اساس عناصر ماتریس ژاکوبین پخش بار پایه گذاری شده اند، دسته دوم شاخص‌هایی می‌باشند که بر اساس عناصر ماتریس Y_{bus} و تعدادی از متغیرهای سیستم مانند اندازه و زاویه ولتاژ هستند. محاسبات این دو دسته بر روی شین‌های سیستم قدرت انجام می‌شود. اما در دسته سوم به شاخص‌های خط معروف می‌باشند محاسبات بر اساس توان عبوری از خطوط سیستم است.

شاخص‌هایی که بر اساس عناصر ماتریس ژاکوبین پخش بار هستند به منظور پیش بینی فاصله نقطه کار کنونی تا نقطه سقوط ولتاژ سیستم به کار می‌روند. کاربرد این شاخص‌ها در مواقعی می‌باشد که بهره بردار می‌خواهد حاشیه پایداری ولتاژ سیستم را برای وقوع اغتشاش‌های مختلف تعیین کند. شاخص‌های دسته دوم دارای قابلیت پیش بینی نقطه سقوط ولتاژ نیستند، اما از آنجا که محاسبه ساده ای دارند می‌توانند جهت رتبه‌بندی اغتشاش‌های محتمل مورد استفاده قرار گیرند ضمن اینکه شین‌های بحرانی را نیز مشخص می‌کنند. شاخص‌های دسته سوم پایداری خطوط بررسی می‌کنند یعنی خطوط بحرانی سیستم قدرت را تعیین می‌نمایند تا اقدامات مقتضی به منظور افزایش ایمنی سیستم انجام شود. در این کتاب به منظور شبیه‌سازی شاخص‌ها و مقایسه چند نمونه آنها در سیستم ۱۴ شینه IEEE استفاده گردیده است.

کلمات کلیدی: فرو پاشی ولتاژ، شاخص‌های پایداری ولتاژ و ماتریس ژاکوبین

فهرست مطالب

۶	چکیده.....
۱۵	فصل ۱ / مقدمه.....
۱۵	۱-۱) پایداری و ناپایداری ولتاژ.....
۱۸	۲-۱) نتیجه‌گیری.....
۱۹	فصل ۱ / رفری تعدادی از شاخص‌های پایداری ولتاژ.....
۱۹	۱-۲) شاخص V_{SI}
۱۹	۲-۲) حداقل مقدار ویژه و حداقل مقدار منفرد ماتریس ژاکوبین [۲].....
۲۱	۳-۲) تابع تست [۳].....
۲۲	۴-۲) نرم بردار معیار [۴].....
۲۴	۵-۲) شاخص i [۵].....
۲۴	۶-۲) شاخص محافظت و پایداری ولتاژ (VCPI) [۸].....
۲۶	۷-۲) شاخص L [۹].....
۲۷	۸-۲) شاخص Z [۱۰].....
۲۸	۹-۲) شاخص L لی و جاسمون [۱۱].....
۲۹	۱۰-۲) شاخص L_{mn} مقاومی [۱۲].....
۳۰	۱۱-۲) شاخص پایداری ولتاژ سریع (FVSI) [۱۳].....
۳۱	۱۲-۲) شاخص LQP [۱۴].....
۳۱	۱۳-۲) نتیجه‌گیری.....
۳۳	فصل ۳ / نتایج شبیه‌سازی.....
۳۳	۱-۳) مقدمه.....
۳۴	۲-۳) بررسی شاخص حداقل مقدار منفرد ماتریس ژاکوبین پخش بار.....
۳۷	۳-۳) حداقل مقدار ویژه ماتریس ژاکوبین پخش بار.....
۳۹	۴-۳) بررسی شاخص‌های حداقل مقدار ویژه و حداقل مقدار منفرد با وجود محدودیت تولید توان راکتیو.....
۴۲	۵-۳) محاسبه حداقل مقدار منفرد و حداقل مقدار ویژه با وجود اعمال یک اغتشاش.....
۴۵	۶-۳) شاخص تابع تست.....

۵۲	شاخص نرم بردار مماس..... (۷-۳)
۵۵	شاخص i (۸-۳)
۵۸	شاخص $vcpi$ (۹-۳)
۶۳	شاخص L (۱۰-۳)
۶۷	شاخص Z (۱۱-۳)
۷۰	L جاسمون..... (۱۲-۳)
۷۴	شاخص L_{mn} (۱۳-۳)
۷۵	شاخص $FVSI$ (۱۴-۳)
۷۷	شاخص LQI (۱۵-۳)
۸۰	نتیجه‌گیری..... (۱۶-۳)
۸۱	فصل ۴ / نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....
۸۱	مقدمه..... (۱-۴)
۸۱	نتیجه‌گیری..... (۲-۴)
۸۲	پیشهادات..... (۳-۴)
۸۳	پیوست‌ها.....
۸۶	منابع و مواخذ.....

جدول ۱-۳: جدول تغییرات ولتاژ شین ۱ و حداقل مقدار منفرد ماتریس ژاکوبین نسبت به تغییرات بار در کل شین‌ها ۳۵	۳۵
جدول ۲-۳: جدول تغییرات ولتاژ شین ۱ و حداقل مقدار ویژه ماتریس ژاکوبین نسبت به تغییرات بار در کل شین‌ها ۳۸	۳۸
جدول ۳-۳: تغییرات توان راکتیو در شین‌های PV نسبت به تغییر بار در کل شین‌ها ۴۰	۴۰
جدول ۲-۳: جدول تغییرات ولتاژ شین ۱ نسبت به تغییرات بار در کل شین‌ها با وجود محدودیت ۴۱	۴۱
جدول ۳-۴: تغییرات ولتاژ شین ۱، حداقل مقدار ویژه و حداقل مقدار منفرد نسبت به تغییر بار در کل شین‌ها با وجود اعمال یک اغتشاش (قطع خط انتقال ۱۲-۵) ۴۳	۴۳
جدول ۳-۳: جدول تغییرات ولتاژ شین ۱ نسبت به تغییرات بار در کل شین‌ها با وجود اغتشاش (قطع خط ۱۲-۵) ۴۴	۴۴
جدول ۵-۳: جدول تغییرات تابع تست نسبت به تغییر بار در کل شین‌ها ۴۵	۴۵
جدول ۳-۳: تغییرات تابع تست به ازای تغییر ضریب بار در شین‌های ۱، ۴ و ۸ ۴۶	۴۶
جدول ۳-۳: تغییرات P^* تخمینی نسبت به تغییرات ضریب بار در کل شین‌ها ($J_{LK} = J_{11}$) ۴۸	۴۸
جدول ۳-۸: تغییرات P^* تخمینی نسبت به تغییرات ضریب بار در کل شین‌ها ($J_{LK} = J_{12}$) ۴۹	۴۹
جدول ۳-۱۰: تغییرات نرم به مماس و عکس نرم بردار مماس نسبت به تغییر ضریب بارگذاری ۵۲	۵۲
جدول ۳-۱۱: تغییرات شاخص α به ازای تغییر بار در کل شین‌ها ($dp = 0.001$) ۵۶	۵۶
جدول ۳-۱۲: تغییرات p^* تخمینی در سریب بارگذاری مختلف ۵۷	۵۷
جدول ۳-۱۳: تغییرات شاخص v_{cpi} در شین‌های ۱، ۳ و ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها ۵۹	۵۹
جدول ۳-۱۴: تغییرات شاخص v_{cpi} در شین‌های ۱، ۳ و ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها هنگام قطع خط انتقال ۱۲-۵ ۶۰	۶۰
جدول ۳-۱۵: جدول تغییرات ولتاژ شین ۱ نسبت به تغییرات بار در کل شین‌ها با وجود اغتشاش (قطع خط ۲-۱) ۶۱	۶۱
جدول ۳-۱۶: جدول تغییرات ولتاژ شین ۱ نسبت به تغییرات بار در کل شین‌ها با وجود اغتشاش (قطع خط ۲-۱) ۶۲	۶۲
جدول ۳-۱۵: تغییرات شاخص L در شین‌های ۱، ۳ و ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها ۶۴	۶۴
جدول ۳-۱۶: تغییرات شاخص L در شین‌های ۱، ۳ و ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها هنگام قطع خط انتقال ۱۲-۵ ۶۵	۶۵
جدول ۳-۱۷: تغییرات شاخص Z در شین‌های ۱، ۳ و ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها ۶۷	۶۷
جدول ۳-۱۸: تغییرات شاخص Z در شین‌های ۱، ۳ و ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها هنگام قطع خط انتقال ۶۸	۶۸
جدول ۳-۱۹: تغییرات L جاسمون به ازای تغییر ضریب بارگذاری در کل سیستم ۷۰	۷۰
جدول ۳-۲۰: تغییرات L جاسمون به ازای تغییر ضریب بارگذاری در کل سیستم با قطع خط (۲-۱) ۷۲	۷۲
جدول ۳-۲۱: تغییرات L جاسمون به ازای تغییر ضریب بارگذاری در کل سیستم با قطع خط (۸-۶) ۷۲	۷۲
جدول ۳-۲۲: تغییرات L جاسمون به ازای تغییر ضریب بارگذاری در کل سیستم با قطع خط (۱۲-۵) ۷۳	۷۳

- جدول ۳-۲۳: تغییرات شاخص L_{mn} در خطوط ۱-۲، ۸-۶ و ۱۲-۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها. ۷۴
- جدول ۳-۲۴: تغییرات شاخص FVSI در خطوط ۱-۲، ۸-۶ و ۱۲-۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها. ۷۶
- جدول ۳-۲۵: تغییرات شاخص LQP در خطوط ۵-۱۲، ۹-۴، ۱۰-۱۴ و ۷-۱۳ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها. ۷۸
- جدول ۳-۲۶: دسته بندی و مقایسه شاخص‌های ارائه شده ۸۰
- جدول ۱: جدول داده‌های خطوط بین شین‌ها ۸۳
- جدول ۲: جدول داده‌های شین‌ها و نوع آنها ۸۴
- جدول ۳: مقادیر ولتاژ و زاویه ولتاژ اولیه شین‌ها ۸۵

- نمودار ۱-۳: نمودار تغییرات حداقل مقدار منفرد نسبت به تغییرات بار..... ۳۶
- نمودار ۲-۳: تغییرات ولتاژ شین ۱ به ازای تغییرات بار در کل شین‌ها..... ۳۷
- نمودار ۳-۳: تغییرات حداقل مقدار ویژه ماتریس ژاکوبین پخش بار نسبت به تغییرات بار..... ۳۸
- نمودار ۴-۳: مقایسه تغییرات حداقل مقدار ویژه و حداقل مقدار منفرد ماتریس ژاکوبین پخش بار نسبت به تغییرات بار..... ۳۹
- نمودار ۵-۳: تغییرات حداقل مقدار ویژه و حداقل مقدار منفرد نسبت به تغییر بار با وجود محدودیت توان راکتیو در شین‌های ۱۰ و ۱۱..... ۴۱
- نمودار ۶-۳: تغییرات حداقل مقدار ویژه و حداقل مقدار منفرد نسبت به تغییر بار با وجود اغتشاش (قطع خط ۱۲-۵)..... ۴۳
- نمودار ۷-۳: تغییرات ولتاژ شین ۱ با وجود اغتشاش قطع خط ۱۲-۵..... ۴۴
- نمودار ۸-۳: تغییرات تابع تست نسبت به تغییرات ضریب بار در کل شین‌ها..... ۴۵
- نمودار ۹-۳: مقایسه بین p^* واقعی با p^* تخمینی برای مدل کوادراتیک به ازای $k=1, l=1$ (j_{11}) ۴۸
- نمودار ۱۰-۳: مقایسه بین p^* واقعی با p^* تخمینی برای مدل کوادراتیک به ازای $k=2, l=1$ (j_{12}) ۴۹
- نمودار ۱۱-۳: مقایسه بین p^* واقعی با p^* تخمینی برای مدل کوادراتیک به ازای $k=5, l=5$ (j_{55}) ۵۰
- نمودار ۱۲-۳: مقایسه بین p^* واقعی با p^* تخمینی برای مدل کوادراتیک به ازای j_{11} ، j_{12} و j_{55} ۵۱
- نمودار ۱۳-۳: مقایسه بین P^* تخمینی با P^* واقعی با اعمال محدودیت تولید توان راکتیو..... ۵۲
- نمودار ۱۴-۳: تغییرات نرم بردار مماس نسبت به تغییر ضریب بارگذاری در کل شین‌ها..... ۵۳
- نمودار ۱۵-۳: تغییرات عکس نرم بردار مماس نسبت به تغییر ضریب بارگذاری در کل شین‌ها..... ۵۴
- نمودار ۱۶-۳: تغییرات نرم بردار مماس نسبت به تغییر ضریب بارگذاری در کل شین‌ها به ازای قطع خطوط ۱۲-۵، ۹-۱ و ۸-۶ و خروج ژنراتور شین ۱۴..... ۵۵
- نمودار ۱۷-۳: تغییرات شاخص i نسبت به افزایش بار در کل شین‌ها..... ۵۶
- نمودار ۱۸-۳: عملکرد شاخص i در پیش بینی نقطه سقوط ولتاژ..... ۵۷
- نمودار ۱۹-۳: تغییرات شاخص i نسبت به تغییر ضریب بارگذاری در کل شین‌ها با وجود محدودیت تولید توان راکتیو در شین‌های ۱۰ و ۱۱..... ۵۸
- نمودار ۲۰-۳: تغییرات شاخص v_{cpi} در شین‌های ۱، ۳، ۶ و ۹ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها..... ۵۹
- نمودار ۲۱-۳: مقایسه وضعیت‌های با و بدون اغتشاش..... ۶۰
- نمودار ۲۲-۳: تغییرات ولتاژ شین ۱ با وجود اغتشاش قطع خط ۲-۱..... ۶۲

- نمودار ۳-۲۳: تغییرات ولتاژ شین ۱ با وجود اغتشاش قطع خط ۸-۶..... ۶۳
- نمودار ۳-۲۲: تغییرات شاخص L در شین‌های ۱، ۳، ۶ و ۹ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها..... ۶۴
- نمودار ۳-۲۳: تغییرات شاخص L به ازای افزایش بار در کل شین‌ها در دو حالت با و بدون اغتشاش (قطع خط ۵-۱۲)..... ۶۶
- نمودار ۳-۲۴: مقایسه وضعیت‌های با و بدون اغتشاش..... ۶۶
- نمودار ۳-۲۵: تغییرات شاخص Z در شین‌های ۱، ۳، ۶ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها..... ۶۸
- نمودار ۳-۲۶: تغییرات شاخص Z در شین ۱ به ازای افزایش بار در کل شین‌ها در دو حالت با و بدون اغتشاش (قطع خط ۵-۱۲)..... ۶۹
- نمودار ۳-۲۷: مقایسه وضعیت‌های با و بدون اغتشاش..... ۷۰
- نمودار ۳-۲۸: تغییرات L جاسمون نسبت به تغییر ضریب بارگذاری در کل سیستم..... ۷۱
- نمودار ۳-۲۹: تغییرات L جاسمون نسبت به تغییر ضریب بار در کل شین‌ها به ازای قطع خط ۱۲-۵، ۲-۱ و ۸-۶..... ۷۳
- نمودار ۳-۳۰: تغییرات شاخص L_{min} به حسب تغییرات بار در کل شین‌ها در خطوط بحرانی..... ۷۵
- نمودار ۳-۳۱: تغییرات شاخص SI بر حسب تغییرات بار در کل شین‌ها، در خطوط بحرانی..... ۷۷
- نمودار ۳-۳۲: تغییرات شاخص QF بر حسب تغییرات بار در کل شین‌ها در چهار خط بحرانی..... ۷۸
- نمودار ۳-۳۳: تغییرات شاخص LQP بر حسب تغییرات بار در کل شین‌ها در چهار خط ۷-۱۳، ۲-۱، ۶-۱۲ و ۶-۸..... ۷۹

فصل ششم

- شکل ۱-۱: چگونگی ایجاد سقوط ولتاژ به علت حضور بارهای توان ثابت: الف) نمایش تک خطی سیستم
- ب) منحنی‌های p_v در وضعیت‌های مختلف..... ۱۶
- شکل (۱-۲): مدلی از بار و مدار معادل تونن دیده شده..... ۲۷
- شکل (۲-۲): یک خط سیستم قدرت..... ۲۹
- شکل ۱-۳: سیستم تست ۱۴ شینه IEEE..... ۳۴