



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

اثرات پیکربندی های اسپن و کشش هادی روی توزیع میدان مغناطیسی زیر

خطوط انتقال هوایی

چکیده

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی سطح تراز ناشی از خطوط انتقال نیروی هوایی در چندین حیطة تحقیقاتی به دلیل اثرشان بر مسائل سلامتی و محیط زیستی از توجهات مهم و روزافزونی برخوردارند. این مقاله یک تکنیک با تعمیم بیشتری را برای محاسبه میدان مغناطیسی ناشی از خطوط انتقال نیرو در دستگاه مختصات سه بعدی ارائه می کند. این تکنیک برای یک خط انتقال تک مدار 500kV جهت ارزیابی اثرات توپولوژی خط و توپوگرافی زمین روی میدان مغناطیسی محاسبه شده تدوین گردیده، فرمول بندی شده، تحلیل شده و بکار گرفته شده است. نتایج با تکنیک دو بعدی مقایسه شدند.

کلیدواژه ها: OHTL، میدان مغناطیسی، اثرات کشش

1-مقدمه

مدلسازی تحلیلی دقیق و کمیت سنجی میدانهای مغناطیسی و الکتریکی ایجاد شده توسط خطوط انتقال نیروی هوایی از جمله حیطة های تحقیقاتی مهم محسوب می شوند. تحقیقات زیاد و توجه عمومی قابل ملاحظه ای بر اثرات سلامتی ممکن حاصل از میدان های مغناطیسی و الکتریکی با فرکانس فوق العاده پایین (ELF) متمرکز شده است. یک محاسبه تحلیلی روی میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط خطوط نیروی الکتریکی در رفرانس 6 و 7 آمده است که مناسب آرایش تراز، عمودی، دلتا و نیز خطوط شش ضلعی می باشد. همچنین تخمین شدت میدان مغناطیسی در محلهایی زیر و دور از دو خط انتقال موازی با انواع مختلف آرایش طراحی در رفرانس 8 آمده است. اثرات کشش sag هادی ها روی توزیع فضایی میدان مغناطیسی در رفرانس 9، در حالت ارتفاع برابر برج ها، اسپن برابر بین برج ها و اسپن خطوط انتقال نیرو که همیشه با هم موازی باشند، آمده است.

در این مقاله، میدان مغناطیسی با دو تکنیک مختلف محاسبه می شود: تکنیک خط مستقیم دو بعدی و تکنیک ترکیب سه بعدی که اثر کشش را در محاسبات میدان مغناطیسی و اثر فواصل نابرابر اسپن (فاصله بین دو برج) را بین برج های نیرو، ارتفاع برجهای نامعادل، و وقتی اسپن های خطوط انتقال نیرو در خط مستقیم نیستند،

مورد بررسی قرار می گیرند. تکنیک ترکیب سه بعدی مطرح شده در حالات مختلف بکار بسته می شود تا تعمیم دهی آن را برای میدان مغناطیسی ایجاد شده با پیکربندی خطوط انتقال واقعی، آرایش و توپوگرافی زمینی توجیه کند و همچنین روی یک خط انتقال هوایی مدار تک مدار 500-kV به عنوان مطالعه موردی کاربردی بکار بسته می شود.

2- محاسبات میدان مغناطیسی

الف- تکنیک خط مستقیم 2 بعدی

شیوه متداول این است که فرض کنیم خطوط انتقال برق شامل سیم های افقی مستقیمی به طول بینهایت می باشند که به موازات یک سطح تراز و به موازات یکدیگر کشیده شده اند. این تکنیک خط مستقیم 2 بعدی می باشد که می توان در بسیاری رفرانسها آنرا یافت. در این مقاله، شیوه پتانسیل مغناطیسی برداری همراه با تکنیک superposition یا برهم نهی برای محاسبات میدان مغناطیسی استفاده می شود. این شیوه را یکی از موثرترین و سراسرترین تکنیک های استفاده شده برای محاسبات میدان مغناطیسی تحت OHTL ها می دانند. این شیوه مستلزم تنها پارامترهای فیزیکی به عنوان شیوه جدیدی برای تعیین توزیع میدان مغناطیسی TL های نیرو AC چندفازی شامل چندهادی ها می باشد. مفهوم این تکنیک براساس نظریه میدان با طول بینهایت دو سیم موازی در شکل 1 می باشد. می توان نشان داد که پتانسیلهای مغناطیسی برداری A_{z1} و A_{z2} در نقطه $(x, y, 0)$ از هادی های 1 و 2 به ترتیب عبارتند از:

$$A_{z1} = \frac{\mu_0}{2\pi} [I \angle 0 \ln \{z_1 + [(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + z_1^2]^{1/2}\}]_0^L \quad (1)$$

$$A_{z2} = \frac{\mu_0}{2\pi} [I \angle 180 \ln \{z_2 + [(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + z_2^2]^{1/2}\}]_0^L \quad (2)$$

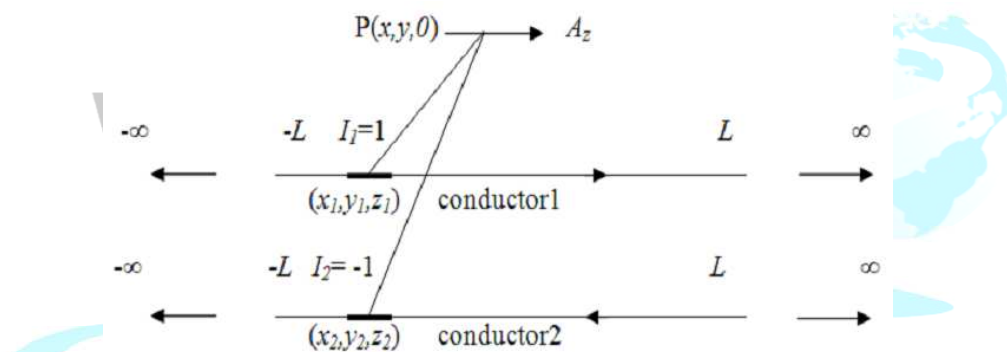
در معادلات قبلی، I و $-I$ به ترتیب با $I \angle 0^\circ$ و $I \angle 180^\circ$ بیان می شوند و متغیرهای x ، y و z نمایانگر مختصات هر نقطه ای در فضا می باشند که میدان مغناطیسی برایش قرار است محاسبه گردد.

چون TL های نیرو سه فاز حامل جریانهای بویژه متعادل می باشند، 1 و 2 را می توان بسط داد تا برای TL های با تعداد N هادی بکار بسته شود، که هر یک حامل جریان I می باشد. در این حالت، جریانهای متعادل را می توان به شکل ذیل به صورت $I\angle\theta_1, I\angle\theta_2, I\angle\theta_3, \dots, I\angle\theta_N$ بیان نمود:

$$I\angle\theta_1 + I\angle\theta_2 + I\angle\theta_3 + \dots + I\angle\theta_N = 0 \quad (3)$$

از روی معادله 1 و 3، پتانسیل مغناطیسی بردار کل از TL با N هادی ac حین اینکه L به بینهایت می رسد، می تواند با عبارت ذیل بیان گردد:

$$A_{z_{ac}} = \frac{\mu_0}{2\pi} (\infty) \sum_{i=1}^N (I\angle\theta_i) - \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{i=1}^N (I\angle\theta_i) \ln[(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2] \quad (4)$$



شکل 1- خط انتقال با دو سیم در صفحه x-y

بنابراین، مولفه های میدان مغناطیسی ac را می توان با استفاده از عبارت ریاضی برای ماریچ در دستگاه مختصات کارتزین به شکل ذیل محاسبه نمود:

$$H_x = \frac{\partial A_z}{\partial y} = \frac{-I}{2\pi} \sum_{i=1}^N \left[\frac{(y-y_i)\angle\theta_i}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \right] \quad (5)$$

$$H_y = \frac{\partial A_z}{\partial x} = \frac{-I}{2\pi} \sum_{i=1}^N \left[\frac{(x-x_i)\angle\theta_i}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \right] \quad (6)$$

برای کاربردهای ac، جریانهای هادی های خط انتقال سه فاز به شکل ذیل می باشند:

$$I_1(t) = I_m \sin(\omega t) \quad (7)$$

$$I_2(t) = I_m \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (8)$$

$$I_3(t) = I_m \sin(\omega t + 240^\circ) \quad (9)$$

این عبارت را می توان به شکل ذیل در یک فازور قرار داد:

$$I_1 = \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right) \angle 0^\circ = I_{RMS} \angle 0^\circ \quad (10)$$

$$I_2 = \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right) \angle 120^\circ = I_{RMS} \angle 120^\circ \quad (11)$$

$$I_3 = \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right) \angle 240^\circ = I_{RMS} \angle 240^\circ \quad (12)$$

با این حساب، شار مغناطیسی کل در هر نقطه ای شامل یک مولفه سینوسی می باشد، که می توان آنرا اینگونه

نمایش داد:

$$H_x = H_{x_{ac}} \cos(\omega t + \alpha) \quad (13)$$

$$H_y = H_{y_{ac}} \cos(\omega t + \beta) \quad (14)$$

که در آن ω فرکانس زاویه ای میدان ac می باشد و α و β زوایای فاز در این دو میدان فضا می باشند. مقادیر RMS مولفه های فضایی میدان مغناطیسی با فرمول ذیل معنی می شود:

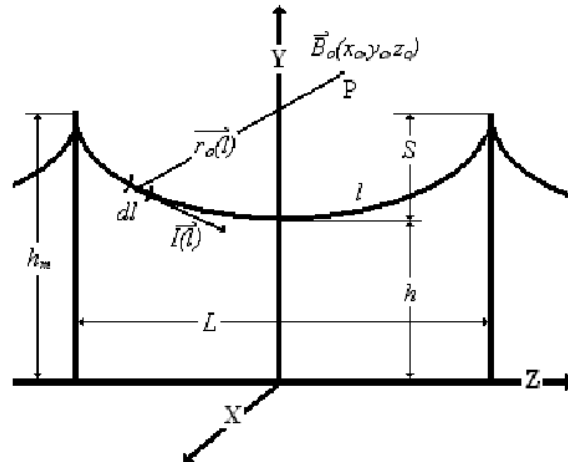
$$H_{I_{RMS}} = \sqrt{(H_x)^2 + (H_y)^2} \quad (15)$$

بنابراین، اگر جریانات ac در فازور آنها و مقادیر RMS بکار بسته می شوند، مقادیر RMS مولفه های میدان مغناطیسی ac در یک چرخه تامین ac بدست خواهد آمد.

ب- تکنیک ترکیب سازی سه بعدی

در واقع، خطوط انتقال نیرو تقریباً در حالت خمش های دوره ای برپا می شوند، کشش هر یک بستگی به مشخصات فردی خط انتقال و شرایط توپوگرافی زمین دارد. تکنیک ترکیب سازی که در رفرنس 13 به اثبات رسیده است و در اینجا درباره اش سخن گفته می شود، یک تکنیک سه بعدی است که هادی انتقال نیرو را به

شکل خمشی می بیند. در تکنیک ترکیب سازی، اگر جریان القایی در زمین نادیده گرفته شود، آنگاه میدان مغناطیسی یک هادی حامل جریان منفرد در هر نقطه معین $P(x_0, y_0, z_0)$ بنا به شکل 2 می تواند با استفاده از قانون Biot-Savart بدست آورده شود یعنی:



شکل 2- بکارگیری قانون Biot-Savart

$$\vec{B}_o = \mu_o \int_l \frac{\vec{I}(l) dl \times \vec{a}_o(l)}{4\pi |\vec{r}_o(l)|^2} \quad (16)$$

که در آن:

l یک موقعیت پارامتری در طول مسیر جریان

$\vec{I}(l)$ جریان خطی

$\vec{r}_o(l)$ یک بردار از نقطه منبع (x, y, z) به نقطه میدان مغناطیسی (x_0, y_0, z_0)

$\vec{a}_o(l)$ بردار واحد در جهت $\vec{r}_o(l)$ ، و

dl یک عنصر دیفرانسیل در جهت جریان می باشد.

شکل دقیق یک هادی را که بین دو برج با ارتفاع برابر معلق است می توان با چنین پارامترهایی شرح داد. مانند فاصله بین نقاط اسپن معلق L ، کشش هادی S ، ارتفاع پایین ترین نقطه بالای زمین h ، و ارتفاع بالاترین نقطه بالای زمین h_m ، که در آن $h_m - h = S$ می باشد. این پارامترها را می توان در ترکیبات مختلفی بکار برد.

تنها دو پارامتر برای تعریف شکل خم (S و L) مورد نیاز است، درحالیکه نوع سوم (h یا h_m) موقعیت آن را در رابطه با سطح زمین تعیین می کند. شکل 3 نشان دهنده ژئومتری خمش پایه برای یک خط تک هادی می باشد، این ژئومتری با رابطه ذیل شرح داده می شود:

$$y = h + 2\alpha \sinh^2\left(\frac{z}{2\alpha}\right) \quad (17)$$

که در آن α راه حل معادله استعلائی ذیل می باشد: $2u(h_m - h)/L = \sinh^2(u)$ ؛ و $u = L/(4\alpha)$ هم می باشد.

پارامتر α همچنین با پارامترهای مکانیکی خط در ارتباط است یعنی: $\alpha = T_h/w$ که در آن T_h تنش هادی در میان اسپن و w وزن به ازای هر واحد طول خط می باشد.

1) حالت A

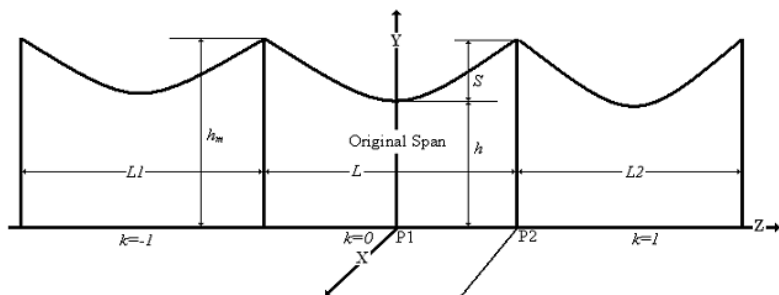
شکل 2 نشان دهنده پیکربندی خطوط انتقال می باشد، که نامگذاری حالت A را نشان می دهد و در آن خطوط انتقال نیرو با ارتفاع برابر برجها، اسپن های برابر بین برجها ($L1=L2=L$) و اسپن های خطوط انتقال نیرو که همیشه با هم موازی هستند، مشخص می شوند. برای یک اسپن منفرد، خمش منفرد L با معادله 3 مشخص می شود. چون منحنی مدلسازی شده در صفحه Y-Z واقع است، عنصر دیفرانسیل خمش را می توان به شکل ذیل نوشت:

$$d\vec{l} = dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z \quad (18)$$

$$d\vec{l} = dz\left(\frac{dy}{dz}\vec{a}_y + \vec{a}_z\right) \quad (19)$$

$$d\vec{l} = dz\left(\sinh\left(\frac{z}{\alpha}\right)\vec{a}_y + \vec{a}_z\right) \quad (20)$$

$$\vec{r}_o = (x_o - x)\vec{a}_x + (y_o - y)\vec{a}_y + (z_o - z)\vec{a}_z \quad (21)$$



شکل 3- ابعاد خطی که تعیین کننده پارامترهای خمش می باشد.

که در آن نقطه (x_o, y_o, z_o) همان نقطه میدان مغناطیسی است که در آن میدان مغناطیسی محاسبه خواهد شد و نقطه (x, y, z) یک نقطه ای روی خمش هادی است. اکنون با جانشین سازی معادلات 20 و 21 در معادله 16 و بدست آوردن حاصل عبارت، نتیجه در هر نقطه (x_o, y_o, z_o) برابر است با:

$$\vec{H}_o = \frac{\vec{I}}{4\pi} \int_{-L/2}^{L/2} \left(\begin{aligned} & [[(z-z_o) \sinh(\frac{z}{\alpha}) - (y-y_o)] \vec{a}_x + \\ & (x-x_o) \vec{a}_y - (x-x_o) \sinh(\frac{z}{\alpha}) \vec{a}_z] / d \end{aligned} \right) dz \quad (22)$$

که در آن:

$$d = [(x-x_o)^2 + (y-y_o)^2 + (z-z_o)^2]^{3/2} \quad (23)$$

این نتیجه را می توان بسط داد تا هادی های چندفازی را در ساختارهای حایل در نظر بگیرد. برای تعداد M هادی منفرد روی ساختارهای حایل، عبارت ریاضی برای میدان مغناطیسی کل شامل مورد ذیل است:

$$\vec{H}_o = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^M \sum_{k=-N}^N \int_{-L/2}^{L/2} (H_x \vec{a}_x + H_y \vec{a}_y + H_z \vec{a}_z) dz \quad (24)$$

که در آن:

$$H_x = \frac{I_i [(z - z_o + kL) \sinh(\frac{z}{\alpha}) - (y - y_o)]}{d_i} \quad (25)$$

$$H_y = \frac{I_i (x - x_o)}{d_i} \quad (26)$$

$$H_z = \frac{-I_i (x - x_o) \sinh(\frac{z}{\alpha})}{d_i} \quad (27)$$

$$d_i = [(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 + (z - z_o + kL)^2]^{3/2} \quad (28)$$

قطر (N) در معادله 24 نمایانگر تعداد اسپین ها در سمت راست و در سمت چپ از نوع عمومی طبق توضیحات شکل 3 می باشد. می توان بخشی از میدان مغناطیسی را که بوسیله جریان های تصویر ایجاد شده است، در نظر

گرفت. عمق پیچیده ζ هر جریان تصویر هادی را می توان در فرانس 9 الی 10 پیدا نمود.

$$\zeta = \sqrt{2} \delta e^{-j\pi/4} \quad (29)$$

که در آن

δ عمق پوسته زمین که در فرانس 10 آمده است.

$$\delta = 503 \sqrt{\rho / f} \quad (30)$$

ρ مقاومت زمین به واحد $\Omega.m$

f فرکانس جریان منبع به هرتز

همچنین میدان مغناطیسی نتیجه شده با جریانهای تصویر در نظر گرفته شده با معادله 24 مشخص می شود ولی

مولفه های آن تغییر می کند و فرمولهای ذیل را می پذیرد:

$$H_x = \frac{I_i[(z - z_o + kL) \sinh(\frac{z}{\alpha}) - (y - y_o)]}{d_i} - \quad (31)$$

$$\frac{I_i[z - z_o + kL) \sinh(\frac{z}{\alpha}) - (y_o + y + \zeta)]}{d_i}$$

$$H_y = \frac{I_i(x - x_o)}{d_i} - \frac{I_i(x - x_o)}{d_i} \quad (32)$$

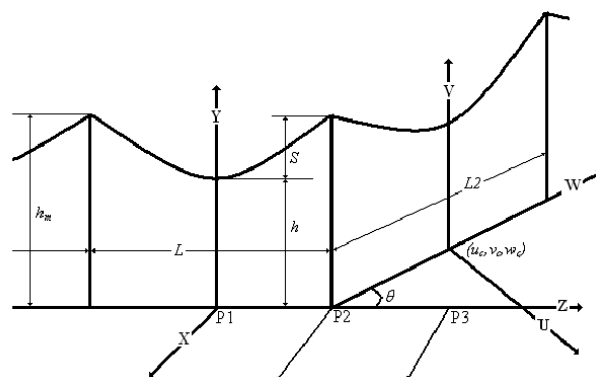
$$H_z = \frac{-I_i(x - x_o) \sinh(\frac{z}{\alpha})}{d_i} + \frac{I_i(x - x_o) \sinh(\frac{z}{\alpha})}{d_i} \quad (33)$$

$$d_i = [(x - x_o)^2 + (y + y_o + \zeta)^2 + (z - z_o + kL)^2]^{3/2} \quad (34)$$

این روش را می توان روی هر نقطه از میدان مغناطیسی بالا یا نزدیک به سطح زمین بکار بست.

2) حالت B

در حالت B ، خطوط انتقال نیرو با ارتفاع معادل برجها، اسپن های معادل بین برج ها، و اسپن های خطوط انتقال نیرو مشخص شده اند که با یکدیگر موازی نیستند. هر یک از دو خمش L و L2 در شکل 4، دارای نقطه مبدا خودش و دستگاه مختصات خودش می باشد. برای محاسبه شدت میدان مغناطیسی در هر نقطه از میدان مغناطیسی، این نقطه از میدان مغناطیسی باید در دستگاه مختصات خمش تحت محاسبه واقع گردد.



شکل 4-نمایش حالت B

نقاط میدان مغناطیسی محللهایی را در نظر بگیرید که روی محور X دستگاه مختصات (X,Y,Z) برای خمش L واقعند (P1 نقطه مبدا برای این دستگاه می باشد). آن نقاط میدان مغناطیسی باید به دستگاه مختصات خمش

تحت محاسبه منتقل گردد. با بکارگیری این قانون روی نقاط میدان مغناطیسی و خمش L دیده شده است که همان معادلات در حالت A بکار گرفته می شود، که طی آن نقاط میدان مغناطیسی در واقع در دستگاه مختصات خمش L ارائه شده است. ولی برای خمش $L2$ ، نقاط میدان مغناطیسی باید به دستگاه مختصات خمش $L2$ منتقل گردد.

1- برای هر نقطه (x_1, y_1, z_1) در میدان مغناطیسی، این عملیات را می توان در سه مرحله انجام داد:

1- نقطه مبدا خمش $L2$ یعنی (u_c, v_c, w_c) را به دستگاه مختصات نقطه میدان مغناطیسی انتقال دهید. از روی شکل 3، برای حالت $-90 < \theta < 90$ داریم:

$$z_c = dis + \frac{L2}{2} \cos(\theta), x_c = \frac{-L2}{2} \sin(\theta), \text{ and } y_c = 0$$

که در آن dis فاصله میان نزدیکترین نقطه خمش $L2$ (نقطه $P2$) و نقطه اصلی دستگاه مختصات نقاط میدان مغناطیسی می باشد. فاصله dis با موقعیت نقطه مبدا در دستگاه مختصات نقاط میدان مغناطیسی در نقطه $P1$ تغییر می کند. یعنی $dis = L/2$ می باشد. درغیراینصورت وقتی مبدا دستگاه مختصات نقاط میدان مغناطیسی در نقطه $P2$ واقع است، $dis = 0$ می باشد و به همین ترتیب.

2- نقطه میدان مغناطیسی (x_1, y_1, z_1) را از دستگاه مختصات خود به دستگاه مختصات (U, V, W) ی خمش محاسبه شده $L2$ طبق مطالب پیوست A انتقال دهید.

$$(x_c, y_c, z_c) \text{ که در آن } v_1 = y_1 - y_c \text{ و } u_1 = \frac{x_1 - x_c}{\cos(\beta + \theta)} \cos(\beta), w_1 = \frac{z_1 - z_c}{\sin(\beta + \theta)} \sin(\beta)$$

نقطه اصلی دستگاه مختصات (U, V, W) به دستگاه مختصات (X, Y, Z) اشاره دارد، و در مرحله 1 محاسبه

$$\beta = \tan^{-1} \frac{z_1 - z_c}{x_1 - x_c} - \theta$$

گردید و می باشد.

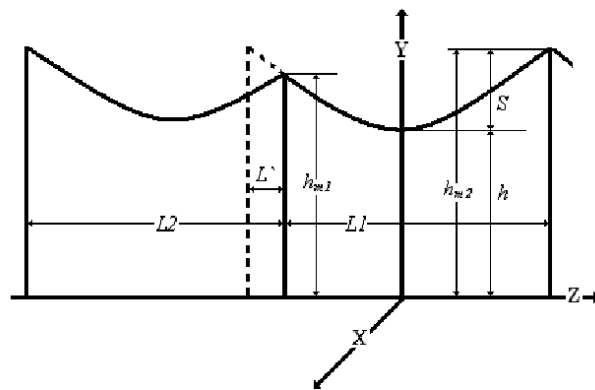
3) نهایتاً، از این نقطه (u_1, v_1, w_1) در همان معادلات حالت A استفاده کنید.

با استفاده از تکنیک برهم نهی، شدت میدان مغناطیسی در هر نقطه از میدان بالا یا نزدیک سطح زمین از بسیاری خمش ها می تواند محاسبه گردد.

3 حالت C

در حالت C، خطوط انتقال نیرو با ارتفاع نابرابر برج ها، اسپن های نابرابر بین برج ها، و اسپن های خطوط انتقال نیرو که همیشه موازی با یکدیگر می باشند، مشخص می شود.

شکل 5 نمایانگر یک خمش $L1$ می باشد که دارای ارتفاع نابرابر برجهای آن (h_{m1}, h_{m2}) است. در این حالت، راه حل معادله استعلائی ذیل می باشد:



شکل 5-نمایش حالت C

می باشد و همان معادلات حالت A استفاده می شود، که دارای حد $u = \frac{L1 + L'}{4\alpha}$ و $2 \frac{h_{m2} - h}{L1 + L'} u = \sinh^2(u)$

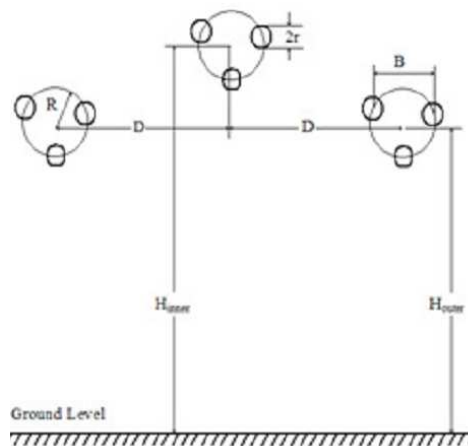
ترکیب بندی از $\frac{-L1 - L'}{2} + L'$ به $\frac{L1 + L'}{2}$ می باشد. که در آن L' برابر با تفاوت میان طول اسپن می باشد وقتی ارتفاع برج ها برابر است و وقتی ارتفاع برجها نابرابر است.

مجددا، این روش را می توان در هر نقطه میدان بالا یا نزدیک به سطح زمین بکار برد.

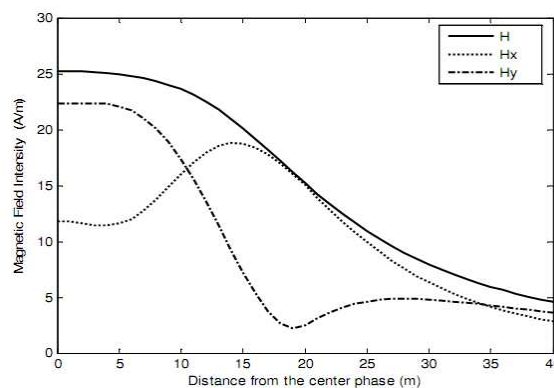
3- تحلیل تکنیک های میدان مغناطیسی

برای محاسبه شدت میدان مغناطیسی در نقاط یک متر بالاتر از سطح زمین، تحت تک مدار خط انتقال 500 kV، که در شکل 5 نشان داده شده است، داده های پیوست B مورد استفاده قرار گرفته است. جریان های فاز هادی طبق یک مجموعه سه فازی توالی مستقیم متعادل سازی شده جریانهای سینوسی 50Hz با 2-kA rms تعریف می شوند.

شکل 6 نشان دهنده شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده و مولفه های آن با استفاده از تکنیک خطی مستقیم دویبعدی می باشد، که طی آن ارتفاع متوسط برجهای انتقال استفاده شده است. مشاهده می شود که شدت میدانهای مغناطیسی در این حالت تنها دارای دو مولفه H_x و H_y می باشد و مولفه طولی H_z وجود ندارد. شکل 7 نشان دهنده مقدار مطلق هر توزیع فاز در مولفه γ شدت میدان مغناطیسی می باشد. مشاهده می شود که توزیع هر فاز حول موقعیت فاز آن به حالت متقارن می باشد و نقش فازهای 1 و 3 در مولفه γ شدت میدان مغناطیسی تقریباً در فاصله $19m$ و $-19m$ از فاز مرکزی افت پیدا می کند. شکل 8 و 9 نشان دهنده شدت میدان مغناطیسی و مولفه های آن تحت یک اسپن منفرد در میان اسپن (با ماکزیمم کشش، نقطه P1) و ارتفاع برج (در نقطه P2) و یک فاصله دور از فاز مرکزی طبق شکل 3 به ترتیب با استفاده از تکنیک ترکیب سه بعدی (حالت A) می باشد. مشاهده می شود که مولفه های طولی H_z ظاهر می شود و مقادیر خیلی اندکی هم دارد.

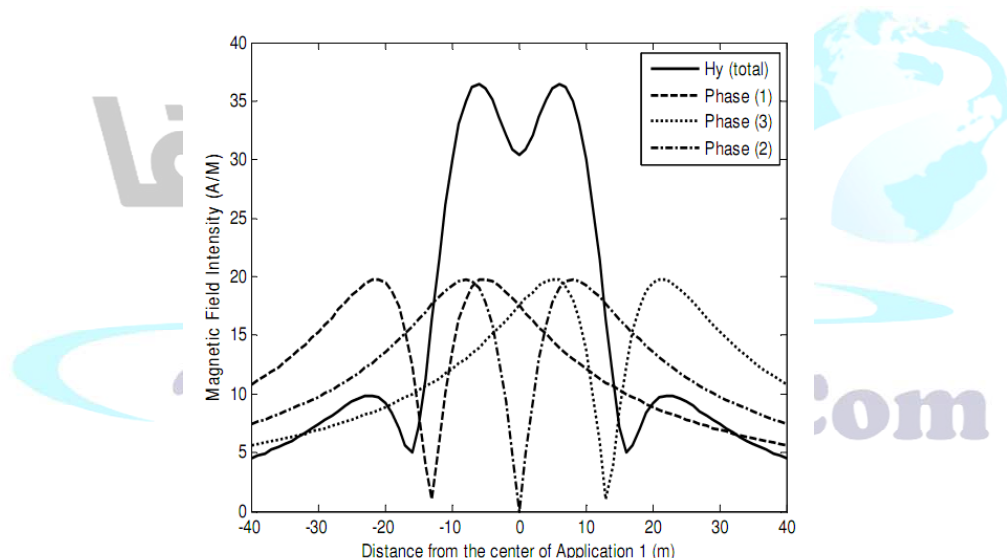


شکل 6- نمایش ژئومتریک TL ی 500 kV



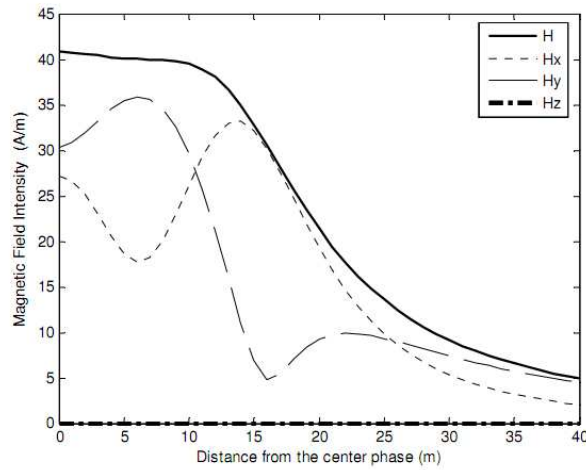
شکل 7- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک خط مستقیم 2 بعدی

شکل 11 نشان دهنده اثر تعداد اسپن ها (N) روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده است. مشاهده می شود که وقتی شدت میدان مغناطیسی در نقطه P1 (شکل 3) و یک فاصله از فاز مرکز محاسبه می شود، اثر تعداد اسپن ها به دلیل تقارن اسپن های حول نقاط میدان مغناطیسی، طبق توضیحات شکل 3، خیلی کوچک است و نقش خمش های L1 و L2 در آن برابر و کوچکتر از نقش خمش L می باشد چون آنها از نقاط میدان مغناطیسی دور می باشند. ولی وقتی شدت میدان مغناطیسی در نقطه P2 (شکل 3) و یک فاصله دور از فاز مرکز محاسبه می شود، اثر تعداد اسپن ها خیلی تحت تاثیر قرار می گیرد (دو برابر)، که به دلیل نقش خمش L2 می باشد که همان شدت میدان مغناطیسی را مانند خمش اصلی L در این مورد بنا به توضیح شکل 3 ایجاد می کند و البته خمش L1 دارای نقش کوچکی در مقادیر محاسبه شده شدت های میدان مغناطیسی در این حالت می باشد.

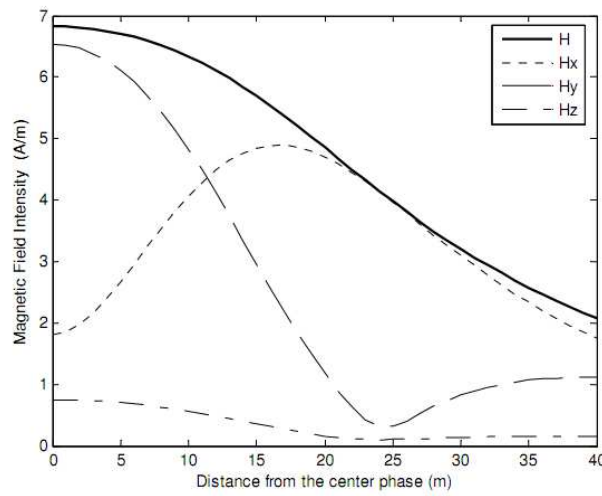


شکل 8- نقش هر فاز در مولفه Y شدت میدان مغناطیسی

جداول 1a و 1b اثر تعداد اسپن ها (N) را روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده نشان می دهد، دیده می شود که تعداد اسپن ها بیش از 5 است (N بیش از 2 است)، نتیجه شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده تقریباً همان قدر است که به دلیل فاصله های دور میان نقاط منبع جریان و نقاط میدان مغناطیسی می باشد. به همین دلیل، تعداد اسپن ها از 5 بیشتر نمی شود ($N=2$).



شکل 9- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی (نقطه P1)



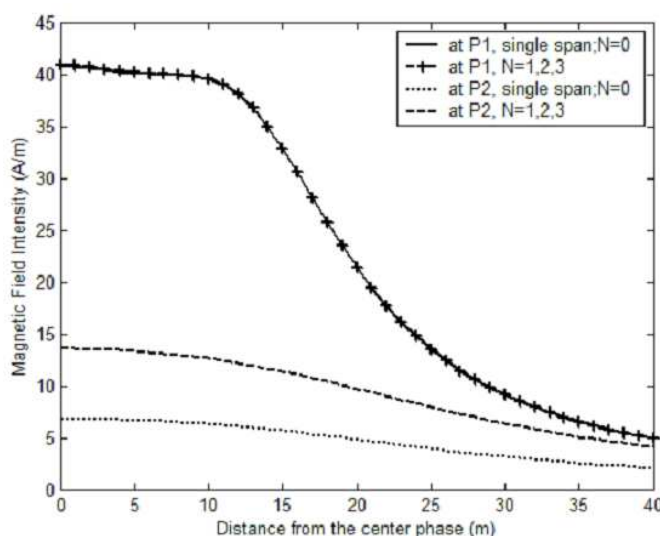
شکل 10- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی (نقطه P2)

جدول 1 (a)- اثر تعداد اسپن ها روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده با تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی.

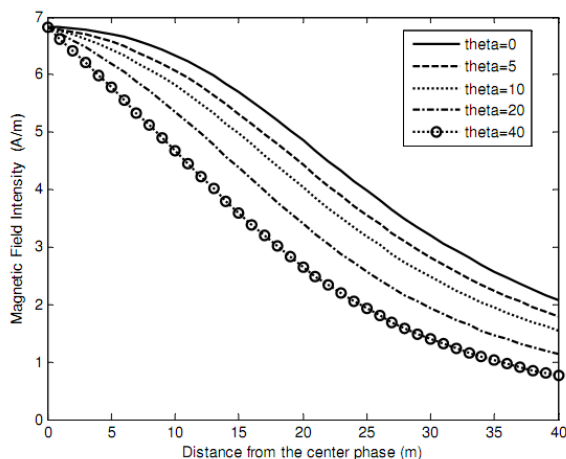
Distance from the center phase (m)	Magnetic-field Intensity (A/m) calculated by 3-D Integration technique			
	Cross-section P2			
	N=0 Single Span	N=1 No. of spans=3	N=2 No. of spans=5	N=3 No. of spans=7
0	6.825	13.57	13.586	13.588
10	6.338	12.632	12.64	12.641
20	4.853	9.701	9.703	9.704
30	3.202	6.396	6.393	6.393
40	2.081	4.145	4.14	4.139

ستونها از سمت چپ: فاصله از فاز مرکز به متر، شدت میان مغناطیسی محاسبه شده با تکنیک ترکیب سازی

3 بعدی (P2) مقطع، اسپن منفرد، تعداد اسپن ها، تعداد اسپن ها، تعداد اسپن ها)



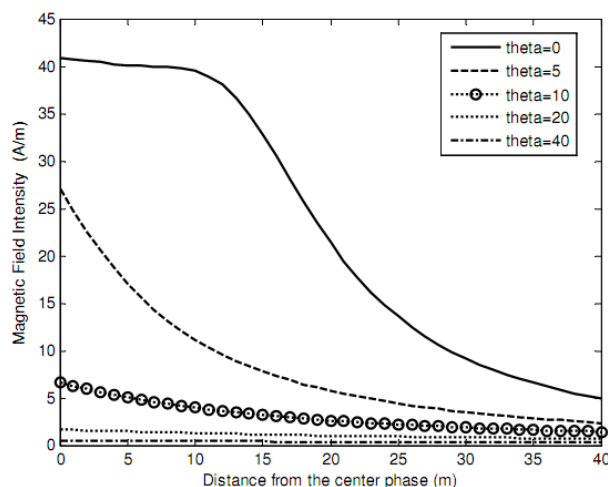
شکل 11- اثر تعداد اسپن ها روی شدت میدان مغناطیسی



شکل 12- اثر زاویه θ روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده تحت ارتفاع برج

شکل 12 نشان دهنده اثر زاویه θ بنا به توضیح حالت B روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده یک اسپن منفرد تحت یک ارتفاع برج (نقطه P2 در شکل 4) و یک فاصله از فاز مرکز می باشد. می توان دید که حین اینکه زاویه θ افزایش می یابد، شدت میدان مغناطیسی به دلیل افزایش فاصله بین منبع جریان و نقاط میدان مغناطیسی کاهش می یابد. شکل 13 همان نتایج شکل 12 را نشان می دهد بجز اینکه نقاط محاسبات در میان

اسپن (نقطه P3 در شکل 4) و در یک فاصله از فاز مرکزی قرار دارد. دیده می شود که اثر زاویه θ روی خمش L2 دور از نقاط میدان مغناطیسی است چون زاویه θ افزایش یافته است.



شکل 13 اثر زاویه θ روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده تحت میان اسپن

جدول 1 (b)- اثر تعداد اسپن ها روی شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده با تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی.

Distance from the center phase (m)	Magnetic-field Intensity (A/m) calculated by 3-D Integration technique			
	Cross-section P1			
	N=0 Single Span	N=1 No. of spans=3	N=2 No. of spans=5	N=3 No. of spans=7
0	40.796	40.865	40.871	40.872
10	39.5	39.546	39.551	39.552
20	21.38	21.344	21.341	21.34
30	9.163	9.101	9.095	9.094
40	4.958	4.892	4.885	4.884

ستونها از سمت چپ: فاصله از فاز مرکز به متر، شدت میان مغناطیسی محاسبه شده با تکنیک ترکیب سازی

3 بعدی (P1 مقطع، اسپن منفرد، تعداد اسپن ها، تعداد اسپن ها، تعداد اسپن ها)

جداول 2 و 3 یک مقایسه را میان شدت میدان مغناطیسی نشان میدهد که با دو تکنیک خط مستقیم دو بعدی،

که طی آن ارتفاع متوسط هادی ها بکار می رود، و نیز با تکنیک ترکیب سازی سه بعدی محاسبه شده است که

طی آن زوایای تتای مختلف، طول اسپنهای مختلف و انواع تفاوت ها میان ارتفاع برج ها و در هر دو ارتفاع برج

(نقطه P2) و میان اسپن (نقطه P1) و یک فاصله بدور از فاز مرکزی به ترتیب در نظر گرفته می شود. از هر دوی این جداول، می توان دید که تفاوت میان ارتفاع برج ها اثر کوچکی دارد، وقتی که شدت میدان مغناطیسی در ارتفاع برج محاسبه می شود، ولی وقتی شدت میدان مغناطیسی در میان اسپن محاسبه می شود، یک اثر بزرگتری دارد بویژه زمانی که این تفاوت معادل خود کشش باشد.

از جداول 2 و 3 و شکل های 8 و 9 و 10، مشاهده می شود که تفاوت های زیادی بین مقادیر شدت مغناطیسی محاسبه شده با استفاده از تکنیک خط مستقیم دوبعدی قدیمی و تکنیک ترکیب سازی سه بعدی وجود دارد ($\theta=0, LL=0, L=400m$). این امر به دلیل ارتفاع هادی ها بالای نقاط میدان مغناطیسی می باشد، در صورتیکه در تکنیک خط مستقیم دوبعدی، ارتفاع هادی ها همیشه بنا به فرض برابر با ارتفاع متوسط (h) به اضافه یک سوم کشش) می باشد، که بالاتر از ارتفاع هادی حداقل (h) است و بنابراین تکنیک خط مستقیم دوبعدی یک شدت میدان مغناطیسی را ایجاد می کند که کوچکتر از مقدار محاسبه شده توسط تکنیک ترکیب سازی سه بعدی تحت میان اسپن بنا به جدول 3 و شکل های 8 و 9 می باشد. همچنین ارتفاع متوسط کوچکتر از ماکزیمم ارتفاع هادی (h_m) می باشد، از اینرو تکنیک خط مستقیم دوبعدی یک شدت میدان مغناطیسی بیشتر از ارتفاع هادی ماکزیمم طبق جدول 4 و شکل های 8 و 10 ایجاد نموده است.

جدول 2-مقایسه میان نتایج تکنیک ترکیب سازی سه بعدی با انواع پارامترها در ارتفاع برج و تکنیک خط

مستقیم دو بعدی

Distance from the center phase (m)	2-D straight line technique with average heights (A/m)	3-D integration technique Single span at point P2 (tower height) (A/m)								
		Angle (θ) (deg.) With : $L=400m, LL=0m$			Span (L) (m) With : $\theta=0deg, LL=0m$			Different between towers' heights (LL) (m); With : $\theta=0deg, L=400m$		
		$\theta=0$	$\theta=10$	$\theta=40$	$L=400$	$L=350$	$L=300$	$LL=0$	$LL=10$	$LL=5$
0	25.236	6.824	6.824	6.824	6.824	6.721	6.666	6.824	6.808	6.792
10	23.619	6.337	5.817	4.674	6.337	6.234	6.179	6.337	6.324	6.313
20	15.218	4.852	4.044	2.660	4.852	4.77	4.725	4.852	4.849	4.846
30	7.957	3.202	2.482	1.399	3.202	3.154	3.128	3.202	3.207	3.210
40	4.584	2.081	1.547	0.765	2.081	2.055	2.042	2.081	2.090	2.097

(عناوین ستونها از چپ: فاصله از فاز مرکز به متر، تکنیک خط مستقیم دوبعدی با متوسط ارتفاع، تکنیک ترکیب سه بعدی با اسپن منفرد در نقطه P2 (ارتفاع برج)، زاویه با طول، اسپن با طول، تفاوت میان ارتفاع برجها با طول)

جدول 3-مقایسه میان نتایج تکنیک ترکیب سازی سه بعدی با انواع پارامترها در میان اسپن و تکنیک خط

مستقیم دو بعدی

Distance from the center phase (m)	2-D straight line technique with average heights (A/m)	3-D integration technique Single span at point P1 (mid-span) (A/m)								
		Angle (θ)(deg) With : $L=400m, LL=0m$			Span (L) (m) With : $\theta=0deg, LL=0m$			Different between towers' heights (LL) (m); With : $\theta=0deg, L=400m$		
		$\theta=0$	$\theta=10$	$\theta=40$	$L=400$	$L=350$	$L=300$	$LL=0$	$LL=10$	$LL=5$
0	25.236	40.796	6.690	0.476	40.796	29.22	23.94	40.796	40.335	20.398
10	23.619	39.499	3.953	0.422	39.499	27.361	22.118	39.499	39.152	19.750
20	15.218	21.381	2.624	0.375	21.381	16.809	14.441	21.381	21.534	10.691
30	7.957	9.164	1.877	0.335	9.164	8.347	7.785	9.164	9.357	4.582
40	4.584	4.959	1.414	0.300	4.959	4.742	4.583	4.959	5.061	2.479

(عناوین ستونها از چپ: فاصله از فاز مرکز به متر، تکنیک خط مستقیم دوبعدی با متوسط ارتفاع، تکنیک ترکیب سه بعدی با اسپن منفرد در نقطه P1 (میان اسپن)، زاویه با طول، اسپن با طول، تفاوت میان ارتفاع برجها با طول)

ترجمه فا

1- کاربرد تکنیک پیشنهادی

به طور کلی، با استفاده از سه حالت بحث شده (A و B و C) و تکنیک برهم نهی، می توان شدت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از میدان با تعدادی خمش های دارای پیکربندی های گوناگون محاسبه نمود. حالت کلی پیشنهاد شده ذیل را در نظر بگیرد که در شکل 4 نشان داده شده است و در آن خطوط انتقال نیرو با ارتفاعات نابرابر برجها، اسپن های نابرابر بین برجها و اسپن های خطوط انتقال نیرو مشخص شده اند که موازی یکدیگر نیستند. شکل 15 نشان دهنده دیاگرام خط نیروی منفرد مربوط به خط انتقال هوایی 500 kv با حالت پیشنهادی، خط مستقیم معادل آن، و خطوط محاسبه (کاربردها یا اپلیکیشن های 1 و 2 و 3) می باشد. جدول 4 نشانگر پارامترهایی است که خط انتقال هوایی را توضیح می دهد.

محاسبه شدت میدان مغناطیسی در هر نقطه از میدان مغناطیسی در کاربرد 1 (شکل 16) می تواند به نحو ذیل صورت گیرد:

1-وقتی نقطه میدان مغناطیسی در همان دستگاه مختصات خمش تحت ملاحظه واقع است، معادلات حالت A در صورتی بکار می رود که خمش دارای برجی باشد که ارتفاعات برابر داشته (برای مثال اسپن 7)، و معادلات حالت C در صورتی به کار می رود که خمش دارای برجهایی باشد که ارتفاعات نابرابر دارد (برای مثال اسپن 8).

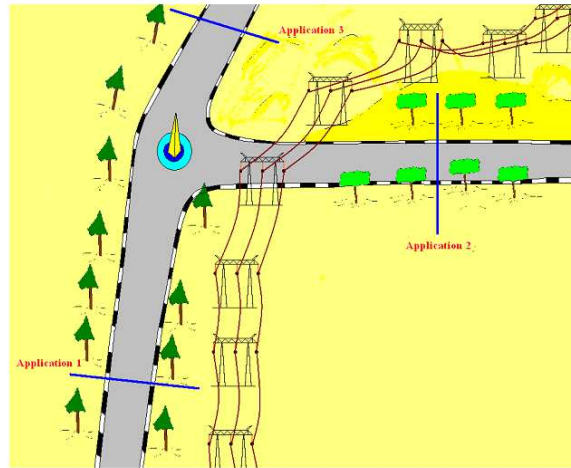
2-وقتی نقطه میدان مغناطیسی که در دستگاه مختصات واقع است یک زاویه θ را با دستگاه مختصات خمش تحت محاسبه می سازد، معادلات حالت B زمانی استفاده می شود که خمش دارای برجی با ارتفاع برابر باشد (برای مثال اسپن های 1 و 4 و 5 و 6)، و نیز معادلات حالت B وقتی استفاده می شود که خمش دارای برجهایی با ارتفاع نابرابر باشد، ولی در حالت α ، و حدهای ترکیب سازی همان مقادیر حالت C می باشد (برای مثال اسپن های 2 و 3).

همان قوانین را می توان برای محاسبه شدت میدان مغناطیسی در هر نقطه از میدان مغناطیسی در کاربردهای 2 و 3 بکار برد، تنها زاویه بین دستگاه مختصات نقطه میدان مغناطیسی و هر دستگاه مختصات اسپن مورد نیاز است.

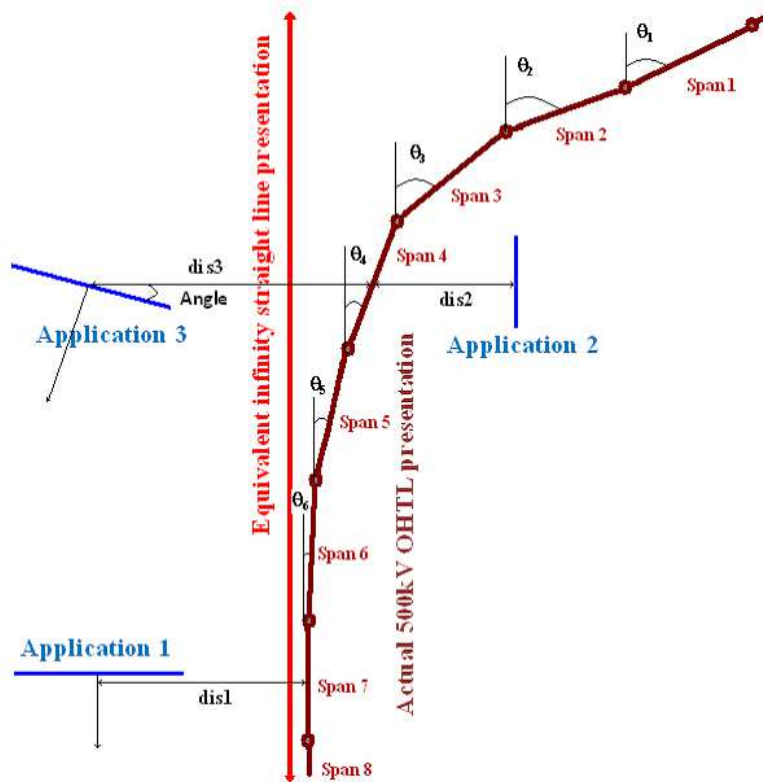
جدول 4-طبقه بندی اسپن های حالت پیشنهادی

Span number	Angle θ in degrees	Span length (m)	Heights of span two ends (m)
1	70	400	h_m and h_m
2	75	450	h_m and ($h_m + 5m$)
3	40	400	($h_m + 5m$) and h_m
4	20	400	h_m and h_m
5	15	400	h_m and h_m
6	5	400	h_m and h_m
7	0	400	h_m and h_m
8	0	400	h_m and ($h_m + 5m$)

عناوین از چپ: تعداد اسپن، زاویه تنا به درجه، طول اسپن به متر، ارتفاع اسپن بین دو انتها به متر



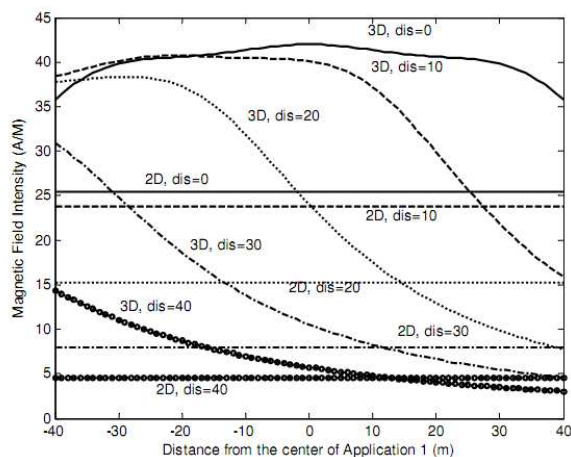
شکل 14- مطالعه موردی پیشنهادی روی خط انتقال نیروی هوایی تک مدار 500kV



شکل 15- دیاگرام خط منفرد در حالت گفته شده

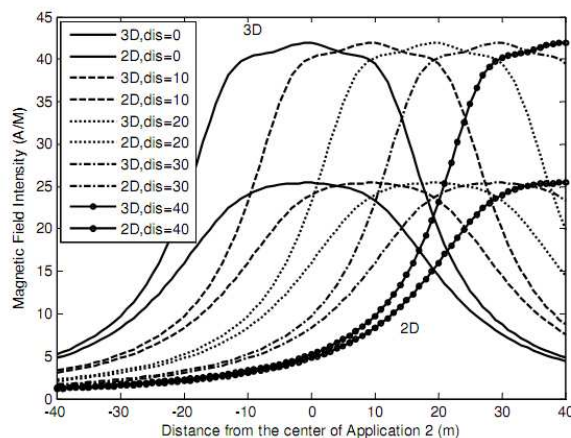
شکل 16 نشان دهنده مقایسه بین نتایج تکنیک ترکیب سازی سه بعدی و تکنیک خط مستقیم دوبعدی است، وقتی روی نقاط میدان مغناطیسی کاربرد شماره 1 با انواع فاصله ها بین مرکز اپلیکیشن 1 و اسپن 7 (dis1) در شکل 15) بکار بسته می شوند. مشاهده می شود که میدانهای مغناطیسی از تکنیک ترکیب سازی سه بعدی بزرگتر از مال تکنیک خط مستقیم دوبعدی است، و تفاوت حداکثر تحت مرکز خط انتقال هوایی وجود دارد.

همچنین مشاهده می شود که حین اینکه فاصله (dis1 در شکل 15) افزایش می یابد نقطه ماکزیمم میدان مغناطیسی هم از مرکز اپلیکیشن 1 دور می شود و به سمت خط انتقال می رود. شکل 16 نشان دهنده مقایسه بین نتایج تکنیک ترکیب سازی سه بعدی و تکنیک خط مستقیم دوبعدی است، وقتی روی نقاط میدان مغناطیسی کاربرد شماره 2 و با فواصل مختلف بین مرکز کاربرد شماره 2 و اسپین شماره 4 (dis2 در شکل 15) بکار برده می شود. مشاهده می شود که میدانهای مغناطیسی از تکنیک ترکیب سازی سه بعدی بزرگتر از مال تکنیک خط مستقیم دوبعدی است و ماکزیمم تفاوت تحت مرکز خط انتقال هوایی می باشد. همچنین مشاهده شده است که فاصله (dis2 در شکل 15) نقطه ماکزیمم میدان مغناطیسی را افزایش می دهد و از مرکز کاربرد شماره 2 دور می کند و به سمت خط انتقال می آورد.



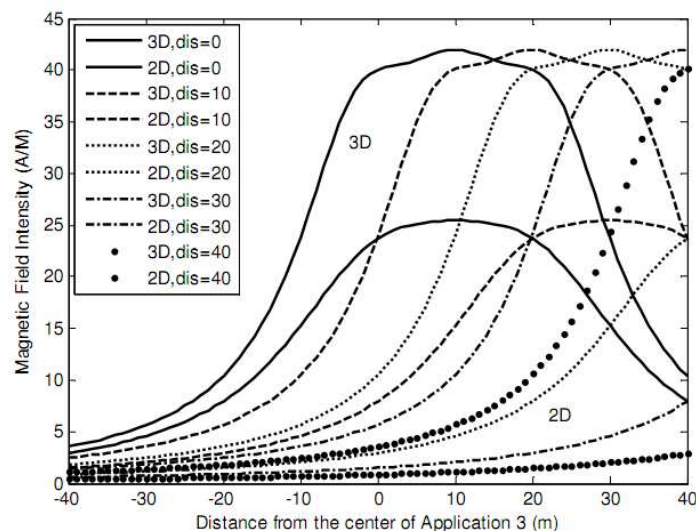
شکل 16- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی و تکنیک خط مستقیم

دوبعدی با فواصل مختلف از خط انتقال هوایی در اپلیکیشن شماره 1

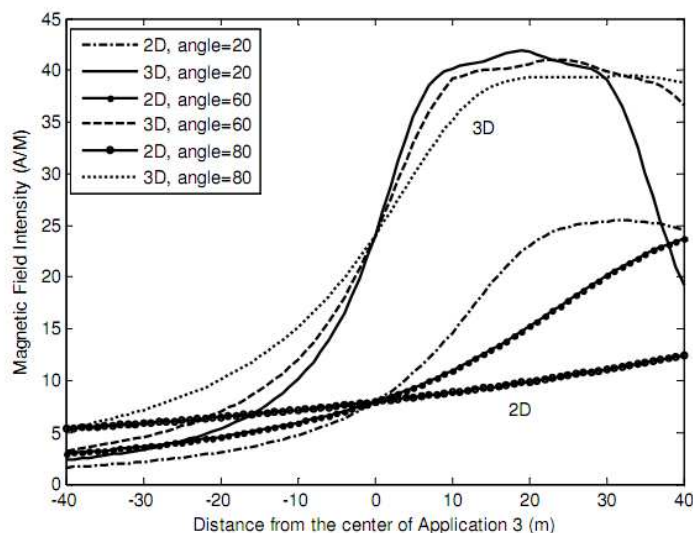


شکل 17- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی و تکنیک خط مستقیم دوبعدی با فواصل مختلف از خط انتقال هوایی در اپلیکیشن شماره 2

شکل 18 نشان دهنده مقایسه میان نتایج تکنیک ترکیب سازی سه بعدی و تکنیک خط مستقیم دو بعدی است، وقتی که روی نقاط میدان مغناطیسی اپلیکیشن شماره 3 با انواع فواصل بین مرکز اپلیکیشن شماره 3 و اسپن 4 (فواصل dis3 در شکل 15) بکار بسته می شوند. مشاهده می شود که میدان مغناطیسی از تکنیک ترکیب سازی سه بعدی بزرگتر از تکنیک خط مستقیم دوبعدی می باشد و ماکزیمم فاصله تحت مرکز خط انتقال هوایی است. همچنین مشاهده شده است که حین اینکه فاصله (dis3 در شکل 15) افزایش می یابد نقطه حداکثر میدان مغناطیسی از مرکز اپلیکیشن شماره 3 دورتر می شود و به سمت خط انتقال می رود. شکل 19 نشان دهنده مقایسه بین نتایج تکنیک ترکیب سازی سه بعدی و تکنیک خط مستقیم دوبعدی است، وقتی روی نقاط میدان مغناطیسی اپلیکیشن شماره 3 با زوایای مختلف بین اپلیکیشن شماره 3 خط افقی (زاویه در شکل 15) بکار بسته می شوند. مشاهده می شود که میدانهای مغناطیسی از تکنیک ترکیب سه بعدی بزرگتر از تکنیک خط مستقیم دوبعدی است و تفاوت ماکزیمم تحت مرکز خط انتقال هوایی می باشد.



شکل 18- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی و تکنیک خط مستقیم دوبعدی با فواصل مختلف از خط انتقال هوایی در اپلیکیشن شماره 3



شکل 19- شدت میدان مغناطیسی محاسبه شده بوسیله تکنیک ترکیب سازی 3 بعدی و تکنیک خط مستقیم

دوبعدی با زوایای مختلف در اپلیکیشن شماره 3

2- نتیجه گیری ها

تکنیک های خط مستقیم دو بعدی و ترکیب سازی سه بعدی دو انتخاب متفاوت را برای محاسبه میدان مغناطیسی فراهم می کنند. تکنیک خط مستقیم دو بعدی یک تخمین تقریبی است و تکنیک ترکیب سازی سه بعدی یک حل دقیق ارائه می دهد ولی نیازمند ترکیب سازی روی اسپن های سه فاز می باشد که منجر به زمان محاسباتی طولانی است. دیده شده است که با استفاده از تکنیک ترکیب سازی سه بعدی، مولفه Z شدت میدان مغناطیسی ظاهر می شود، در صورتیکه این مولفه در تکنیک خط مستقیم دو بعدی همیشه برابر با صفر است. تحت تکنیک ترکیب سازی سه بعدی، این مقاله حالت هایی با چندین ویژگی را برای شدت میدان مغناطیسی ارائه می دهد که با استفاده از این حالات می توان شدت میدان مغناطیسی را در هر نقطه تحت پیکربندی های پیچیده خطوط انتقال نیرو طبق توضیحات این مقاله در مطالعه موردی گفته شده محاسبه نمود. همچنین، این امکان هست که از همان تکنیک با اندکی تغییرات در محاسبه میدان الکتریکی تحت خطوط انتقال هوایی استفاده شود.

پیوست A

فرض کنید که دو دستگاه مختصات (X, Y, Z) و (U, V, W) در فضا وجود دارند که در آنها محور U و محور W در دستگاه مختصات (U, V, W) تشکیل یک زاویه θ را به ترتیب با محور X و محور Z در دستگاه مختصات (X, Y, Z) می دهند، درحالیکه محور V و محور Y موازی یکدیگرند، و نقطه مبدا دستگاه (U, V, W) واقع در نقطه (x_c, y_c, z_c) طبق شکل 19 اشاره به دستگاه (X, Y, Z) دارد. هر نقطه P در فضا می تواند با دو دستگاه مختصات به شکل (x_1, y_1, z_1) در دستگاه مختصات (X, Y, Z) و به شکل (u_1, v_1, w_1) در دستگاه مختصات (U, V, W) نمایش داده شود.

از شکل A-1، موارد ذیل را می توان دید:

$$\ddot{L} = \frac{w_1}{\sin(\beta)} \quad (A.1)$$

$$\ddot{L} = \frac{u_1}{\cos(\beta)} \quad (A.2)$$

$$zz = \ddot{L} \sin(\beta + \theta) \quad (A.3)$$

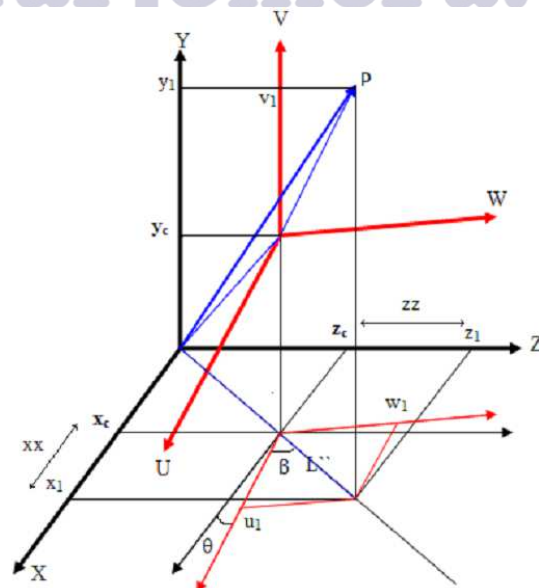
$$xx = \ddot{L} \cos(\beta + \theta) \quad (A.4)$$

$$zz = z_1 - z_c \quad (A.5)$$

$$xx = x_1 - x_c \quad (A.6)$$

$$z_1 = z_c + zz \quad (A.7)$$

$$x_1 = x_c + xx \quad (A.8)$$



شکل A-1: دستگاه مختصات کارترین با دو دستگاه در فضا

رابطه A1: انتقال هر نقطه ای (u_1, v_1, w_1) در دستگاه مختصات (U, V, W) به یک نقطه (x_1, y_1, z_1) در دستگاه مختصات (X, Y, Z)

با جانشینی رابطه A-3 و A-1 در رابطه A-7 داریم:

$$z_1 = z_c + \frac{w_1}{\sin(\beta)} \sin(\beta + \theta) \quad (\text{A.9})$$

با جانشینی رابطه A-4 و A-2 در رابطه A-8 داریم:

$$x_1 = x_c + \frac{u_1}{\cos(\beta)} \cos(\beta + \theta) \quad (\text{A.10})$$

$$y_1 = y_c + v_1 \quad (\text{A.11})$$

و نیز:

$$\beta = \tan^{-1} \frac{w_1}{u_1} \quad (\text{A.12})$$

که در آن:

رابطه A2: انتقال هر نقطه ای (x_1, y_1, z_1) در دستگاه مختصات (X, Y, Z) به یک نقطه (u_1, v_1, w_1) در دستگاه مختصات (U, V, W)

با جانشینی رابطه A-3 و A-5 در رابطه A-1 داریم:

$$w_1 = \frac{z_1 - z_c}{\sin(\beta + \theta)} \sin(\beta) \quad (\text{A.13})$$

با جانشینی رابطه A-4 و A-6 در رابطه A-2 داریم:

$$u_1 = \frac{x_1 - x_c}{\cos(\beta + \theta)} \cos(\beta) \quad (\text{A.14})$$

$$v_1 = y_1 - y_c \quad (\text{A.15})$$

و نیز،

$$\beta = \tan^{-1} \frac{z_1 - z_c}{x_1 - x_c} - \theta = \tan^{-1} \frac{z_1 - z_c}{x_1 - x_c} - \theta \quad (\text{A.16})$$

که در آن:

پیوست B

برای محاسبه شدت میدان مغناطیسی تحت مدار منفرد خط انتقال 500kV، داده ها در جدول B-1 استفاده شده است.

جدول B.1- داده های خط انتقال هوایی 500kV

اسپن برج (L)	100 m
تعداد نیمه هادی در هر فاز (n)	3
قطر یک نیمه هادی (2r)	30.6 mm
فاصله بندی بین نیمه هادی ها (B)	45 cm
حداقل کلیرانس تا زمین (h)	9 m
حداکثر ارتفاع فاز خارجی ($h_m = H_{outer}$)	22 m
حداکثر ارتفاع فاز داخلی ($h_m = H_{inner}$)	24.35 m
فاصله بین دو فاز همجوار (D)	13.2 m

REFERENCES

- [1] W. T. Kaune and L. E. Zaffanella, "Analysis of magnetic-fields produced far from electric power lines" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 4, October 1992, pp. 2082-2091.
- [2] R. G. Olsen and P. Wong, "Characteristics of Low Frequency Power Lines" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 4, October 1992, pp. 2046-2053.
- [3] M. L. Pereira Filho, J. R. Cardoso, C. A. F. Sartori, M. C. Costa, B. P. de Alvarega, A. B. Dietrich, L. M. R. Mendes, I. T. Domingues and J. C. R. Lopes "Upgrading Urban High Voltage Transmission Line: Impact on Electric and Magnetic-fields in the Environment" 2004 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, pp 788-793
- [4] Hanaa Karawia, Kamelia Youssef and Ahmed Hossam-Eldin "Measurements and Evaluation of Adverse Health Effects of Electromagnetic-fields from Low Voltage Equipments" MEPCON 2008, Aswan, Egypt, March 12-15, PP. 436-440.
- [5] Ahmed A. Hossam-Eldin and Wael Mokhtar "Interference Between HV Transmission Line And Nearby Pipelines" MEPCON 2008, Aswan, Egypt, March 12-15, PP. 218-223

eFa.Com

- [6] George Filippopoulos, and Dimitris Tsanakas " Analytical Calculation of the Magnetic-field Produced by Electric Power Lines" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 2, pp. 1474-1482, April 2005.
- [7] Federico Moro and Roberto Turri " Fast Analytical Computation of Power-Line Magnetic-fields by Complex Vector Method" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 23, No. 2, October 2008, pp. 1042-1048.
- [8] A. A. Dahab, F. K. Amoura, and W. S. Abu-Elhaija "Comparison of Magnetic-Field Distribution of Noncompact and Compact Parallel Transmission-Line Configurations" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 3, pp. 2114-2118, July 2005.
- [9] A. V. Mamishev, R. D. Nevels, and B. D. Russell "Effects of Conductor Sag on Spatial Distribution of Power Line

Magnetic-field" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 3, pp. 1571-1576, July 1996.

- [10] Rakosk Das Begamudre, "Extra High Voltage AC. Transmission Engineering" third Edition, Book, Chapter 7, pp.172-205, 2006 Wiley Eastern Limited.
- [11] H. M. Ismail, "Magnetic Field Analysis of the Egyptian High Voltage Transmission Networks Using the Vector Magnetic Potential Concept", Scientific Bulletin, Faculty of Engineering, Ain Shams University, vol. 41 (Part 2) 2006, pp. 513-526.
- [12] H. M. Ismail, "Magnetic Field Calculations and Management of Kuwait HVTLs Using the Vector Magnetic Potential Concept", Proceedings of the IEEE Power Tech'99 Conference, Budapest, Hungary, Paper BPT99-122-51, 1999.
- [13] Adel Z. El Dein, "Magnetic Field Calculation under EHV Transmission Lines for More Realistic Cases", IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 24, NO. 4, October 2009, PP. 2214-2222.



TarjomeFa.Com

برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمائید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی