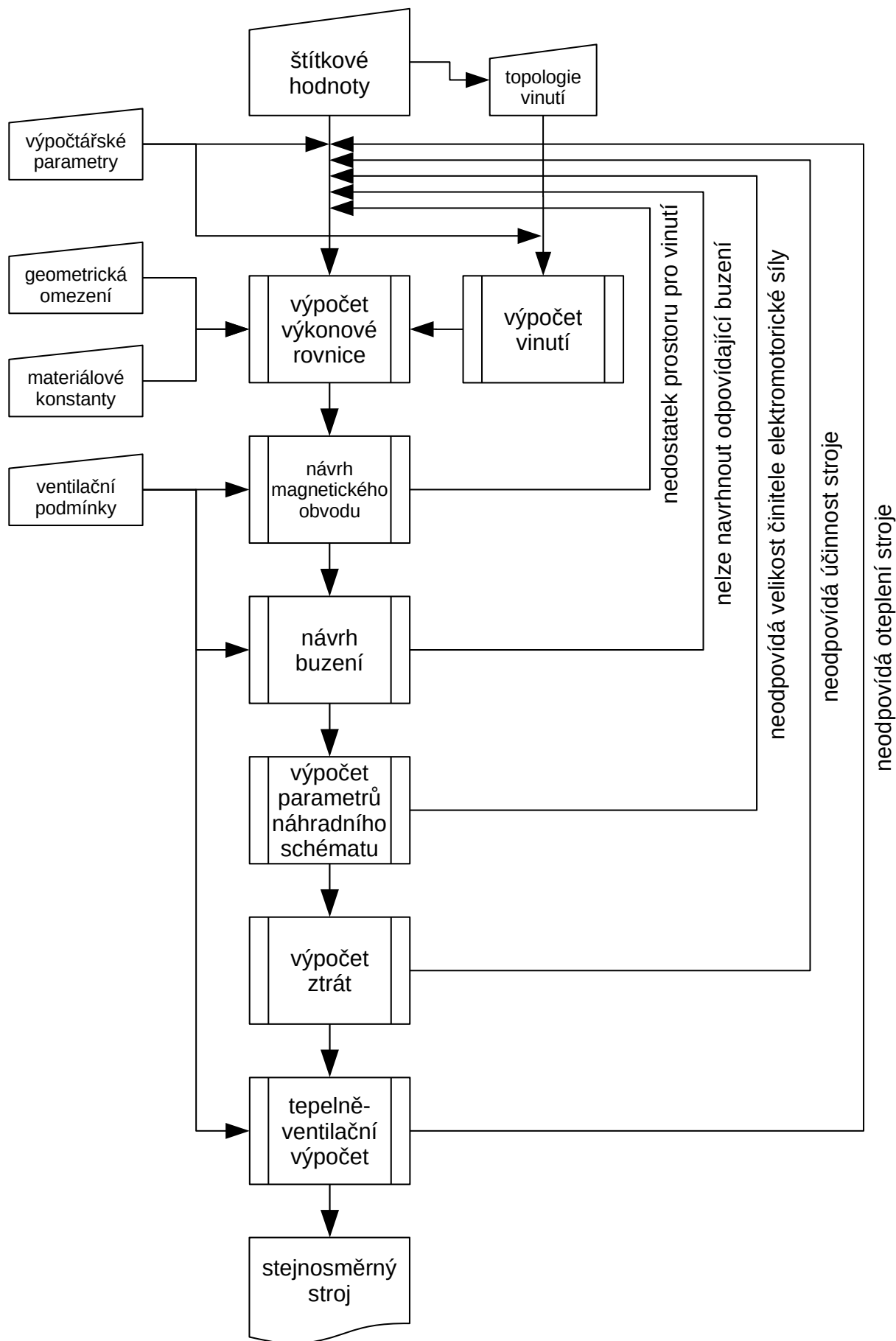
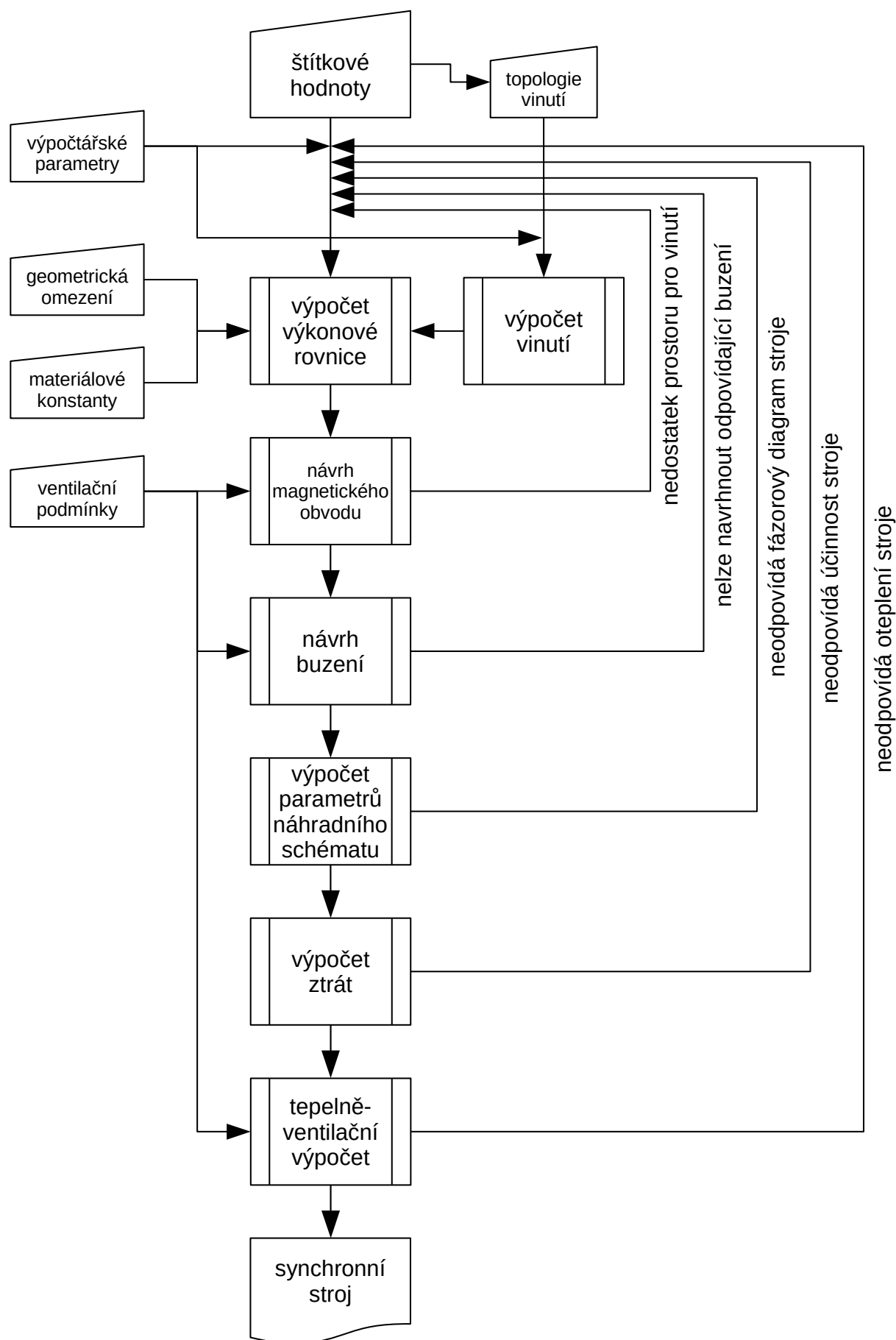


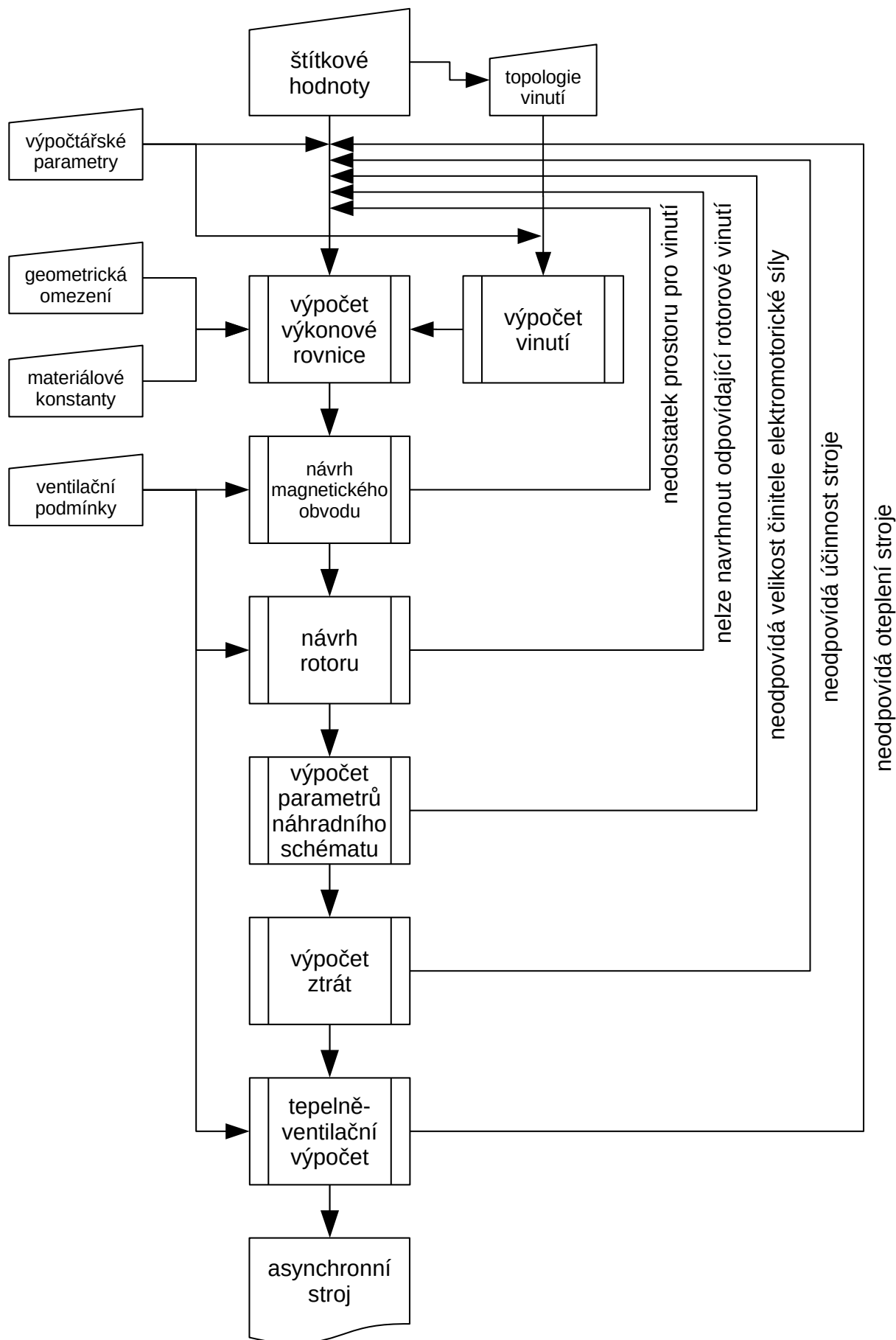
Příloha 1: Vývojový diagram návrhu stejnosměrného stroje



Příloha 2: Vývojový diagram návrhu synchronního stroje



Příloha 3: Vývojový diagram návrhu asynchronního stroje



Seznam ilustrací

Obr. 2.1: Indukce ve vzduchové mezeře stejnosměrného stroje.....	19
Obr. 2.2: Indukce ve vzduchové mezeře střídavého stroje.....	19
Obr. 2.3: Hodnoty činitelů α_δ a k_B pro odlišné tvary magnetického pole ve vzduchové mezeře.....	21
Obr. 2.4: Základní rozměry stroje.....	25
Obr. 3.1: Závislost Essonova činitele na lineárním rozměru stroje x	29
Obr. 4.1: Budící vinutí stejnosměrného stroje.....	32
Obr. 4.2: Postupné bubnové (vlevo) a diskové (vpravo) vinutí. Červenou čarou je naznačen tvar cívky diskového vinutí.....	32
Obr. 4.3: Části cívky vinutí.....	33
Obr. 4.4: Typy vinutí dle tvaru cívek.....	34
Obr. 4.5: Uspořádání cívek a čel vinutí.....	34
Obr. 4.6: Klasifikace vinutí dle technologie výroby.....	35
Obr. 4.7: Porovnání připojení cívek na komutátor pro nekřížené a křížené vinutí.....	35
Obr. 4.8: Cívka.....	36
Obr. 4.9: Číslování elementů v pilovém schématu.....	37
Obr. 4.10: Uspořádání cívkových stran v drážkách.....	38
Obr. 4.11: Části schémat vinutí pro smyčkové a pro vlnové vinutí.....	40
Obr. 4.12: Fázory matematických fází a jejich orientace v úsečkovém schématu.....	42
Obr. 4.13: Možná zapojení pro vinutí s $K_1 = 2,5$ a $S_c = 12$	42
Obr. 4.14: Úsečkové schéma vinutí s $q = 3/8$	44
Obr. 4.15: Čela vinutí turboalternátoru.....	44
Obr. 4.16: Profil axiálního čela vinutí.....	45
Obr. 4.17: Průmět axiálních čel vinutí a určení maximálního možného sklonu čel vinutí.....	45
Obr. 4.18: Evolventní čela vinutí: axiální skloněná (vlevo), částečně radiální (uprostřed) a radiální (vpravo).....	46
Obr. 4.19: Průběhy evolventních čel pro dvou, čtyř a šestipólový stroj.....	46
Obr. 4.20: Průmět evolventy na kuželovou plochu.....	47
Obr. 5.1: Magnetické pole asynchronního stroje.....	48
Obr. 5.2: Náčrt oboustranně izolovaného elektrotechnického plechu.....	48
Obr. 5.3: Hysterezní smyčka magneticky měkké oceli.....	49
Obr. 5.4: Vířivé proudy v elektrotechnických pleších.....	50
Obr. 5.5: Magnetické zatížení zubu postupného vinutí.....	52
Obr. 5.6: Magnetický tok nenasyčeným zubem.....	53
Obr. 5.7: Odlehčení zubu vedením toku drážkou.....	53
Obr. 5.8: Určení skutečné indukce v zubu.....	54
Obr. 5.9: Geometrické rozměry zubu.....	54
Obr. 5.10: Průsečíkový nomogram.....	55
Obr. 5.11: Pólová rozteč j_{ha} se siločarami a rozměry.....	55
Obr. 5.12: Průběh intenzity magnetického pole ve středu j_{ha}	56
Obr. 5.13: Postup konstrukce závislosti intenzity magnetického pole ve j_{hu} na poloze.....	56
Obr. 5.14: Nomogram pro určení činitele korekce magnetického napětí j_{ha} (překlad z [3]).....	57

Obr. 5.15: Magnetické pole budících pólů stejnosměrného stroje.....	58
Obr. 5.16: Siločáry rozptylového magnetického pole budících pólů.....	59
Obr. 5.17: Siločáry spojující pólové nástavce a element toku dx	59
Obr. 5.18: Porovnání ideálního rozložení magnetické indukce ve vzduchové mezeře s výsledky z MKP.....	60
Obr. 5.19: Siločáry magnetického pole ve vzduchové mezeře mezi hladkými povrchy, mezi hladkým a drážkovaným povrchem a mezi děleným statorem a masívním rotorem.....	61
Obr. 5.20: Zákřivky magnetického pole vlivem drážkování.....	61
Obr. 5.21: Okrajový jev na koncích vzduchové mezery.....	63
Obr. 5.22: Určení činitele nasycení magnetického obvodu z charakteristiky naprázdno.....	64
Obr. 6.1: Profil cívky smyčkového vinutí.....	66
Obr. 6.2: Magnetické pole jednoho závitů vinutí.....	68
Obr. 6.3: Rozptylové magnetické pole v drážce.....	70
Obr. 6.4: Rozptylové pole v okolí čel vinutí.....	71
Obr. 7.1: Magnetické pole mezi zuby statoru a rotoru.....	75
Obr. 7.2: Vířivé proudy v masívním povrchu rotoru.....	76
Obr. 7.3: Vířivé proudy indukované do permanentního magnetu.....	77
Obr. 7.4: Vířivé proudy v permanentním magnetu (FEM).....	78
Obr. 8.1: Vodiče pro vinutí.....	81
Obr. 8.2: Vinutí v průběhu vkládání do drážek.....	81
Obr. 8.3: Řez komutátorem.....	82
Obr. 9.1: Stator stejnosměrného stroje s pomocnými póly a kompenzačním vinutím.....	83
Obr. 9.2: Kotva stejnosměrného stroje s dobře patrným bandážováním čel.....	85
Obr. 9.3: Derivační (vlevo) a sériové (vpravo) zapojení buzení.....	90
Obr. 9.4: Deformace charakteristiky naprázdno vlivem demagnetizace.....	90
Obr. 9.5: Průběhy magnetického napětí jednotlivých vinutí stroje.....	91
Obr. 9.6: Vztah průměru komutátoru vůči průměru kotvy.....	94
Obr. 9.7: Šíře lamel komutátoru a mezilamelové izolace.....	94
Obr. 9.8: Rozměry komutátoru a přesazení kartáčů.....	95
Obr. 10.1: Rotor synchronního stroje s vyniklými póly a budičem (v popředí).....	96
Obr. 10.2: Rozestavěný magnetický obvod turboalternátoru.....	100
Obr. 10.3: Rotor turboalternátoru s dobře viditelnými Lafoonovými zářezy.....	101
Obr. 10.4: Určení deformovaného tvaru magnetické indukce.....	102
Obr. 10.5: Určení buzení synchronního stroje s hladkým rotorem.....	103
Obr. 10.6: Rozklad magnetického pole reakce kotvy na jednotlivé složky.....	104
Obr. 10.7: Určení buzení synchronního stroje s vyniklými póly.....	105
Obr. 10.8: Zatěžovací charakteristiky synchronních strojů pro konstantní účinník.....	105
Obr. 11.1: Částečný řez trakčním asynchronním motorem.....	108
Obr. 11.2: Plechy asynchronního motoru s vírovou klecí nakrátko.....	109
Obr. 11.3: Rotor asynchronního motoru s pájenou klecí nakrátko vyrobenou z mědi.....	112
Obr. 11.4: Závislost činitele κ_i na účinníku stroje.....	113
Obr. 11.5: Úsek klece nakrátko odpovídající jedné fázi.....	115
Obr. 11.6: Proudly klecí nakrátko.....	115
Obr. 11.7: Proud tyčí jako rozdíl proudu v kruzích nakrátko.....	116

Obr. 11.8: Görgešův obrazec klece nakrátko o $m_2 = 15$ fázích a $2p = 2$ pólech.....	117
Obr. 12.1: Provedení rotorů synchronních reluktančních strojů.....	121
Obr. 12.2: Provedení rotoru synchronního reluktančního motoru Siemens.....	121
Obr. 12.3: Fázorový diagram synchronního reluktančního stroje v poměrných jednotkách.....	122
Obr. 12.4: Spínaný reluktanční motor.....	123
Obr. 12.5: Toková mapa SRM určená z FEM.....	124
Obr. 12.6: Axiální provedení asynchronního stroje s klecí nakrátko.....	125
Obr. 12.7: Axiální stroj s postupným vinutím a dvěma statory (vlevo) a axiální stroj s jedním statorem a toroidálními cívkami (vpravo) převzato z [30].....	126
Obr. 12.8: Uspořádání stroje YASA.....	126
Obr. 12.9: Úsek jízdní dráhy systému Transrapid [32].....	127
Obr. 12.10: Přejít od točivého k lineárnímu motoru.....	128
Obr. 12.11: Délka stroje a významné parametry lineárního stroje s krátkou kotvou.....	129
Obr. 12.12: Síly působící v lineárním asynchronním stroji s levitačním účinkem.....	129

Seznam tabulek

Tab. 3.1: Porovnání vlastností strojů výkonových řad navržených odlišnými přístupy.....	30
Tab. 4.1: Nomenklatura veličin nezávislých na typu vinutí.....	37
Tab. 4.2: Tingleyho schéma vinutí s $q = 3/8$	44
Tab. 7.1: Hodnoty činitele povrchových ztrát dle materiálu (překlad z [3]).....	77
Tab. 7.2: Hodnoty činitele mechanických ztrát pro jednotlivé způsoby chlazení (překlad z [3]).....	79
Tab. 10.1: Hodnoty podélných reaktancí generátorů v energetice.....	100
Tab. 11.1: Závislost poměru k_D na počtu pólů.....	110

Seznam použité literatury

- [1] J. Červený: *Přehled konstrukce elektrických strojů točivých*. ZČU, Plzeň, 2016. ISBN (není)
- [2] J. Červený: *Stavba elektrických strojů*. ZČU, Plzeň, 2016. ISBN (není)
- [3] Müller, G., Vogt, K., Ponick, B.: *Berechnung elektrischer Maschinen*. Wiley-Vch, Weinheim, Germany, 2007. ISBN 978-3527405251
- [4] Kopylov, I.P. a kol.: *Stavba elektrických strojů*. SNTL, Praha, 1988. ISBN 04-531-88
- [5] Kučera, J., Hapl, J.: *Vinutí elektrických strojů točivých*. ČSAV, Prague, Czechoslovak Republic, 1959. ISBN není
- [6] Bašta, J.: *Teorie elektrických strojů*. Nakladatelství ČSAV, Praha, 1957. ISBN neuvedeno
- [7] Evropský parlament a Rada: *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES*. 2009 [online] <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=DE>> [cit. 4. 3. 2021]
- [8] J. Lammeraner, M. Štafl: *Vířivé proudy*. SNTL, Praha, 1964. ISBN není
- [9] Isovolta: *Magnoval® 2067*. 2020 [online] <<http://agaus.com.au/wp-content/uploads/2014/01/Magnoval-2067-TDS.pdf>> [cit. 4. 3. 2021]
- [10] Arnold Magnetic Technologies: *Laminated Magnets*. 2021 [online] <<https://www.arnoldmagnetics.co.uk/products/l-type-laminated-magnets/>> [cit. 6. 3. 2021]
- [11] R. Deeb: *Calculation of Eddy Current Losses in Permanent Magnets of Servo Motor*. In Electroscop, pp. N/A. ZČU, Plzeň, 2011. ISBN/ISSN 1802-4564
- [12] ČSN CLC/TS 60034-25: *Točivé elektrické stroje - Část 25: Návod pro navrhování a vlastnosti střídavých motorů navržených speciálně pro napájení z měničů*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2009.
- [13] Arnold Magnetic Technologies: *N40UH*. 2015 [online] <<https://www.arnoldmagnetics.com/wp-content/uploads/2017/11/N40UH-151021.pdf>> [cit. 8. 3. 2021]
- [14] Siemens AG: *DC Motors*. 2004 [online] <http://opis.cz/siemens/pdf/cat_da12_2004_en.pdf> [cit. 8. 3. 2021]
- [15] K. Sedlazeck, C. Richter, S. Strack, S. Lindholm, J. Pipkin, F. Fu, B. Humphries, L. Montgomery: *Type Testing a 2000 MW Turbogenerator*. In IEEE International Electric Machines and Drives Conference, pp. 465-470. IEEE, New York, 2009. ISBN/ISSN 978-1-4244-4251-5
- [16] Ch. Morris: *Improved motor and controller gives Renault Zoe a range of 149 miles*. 10. 3. 2015 [online] <<https://chargedevs.com/newswire/improved-motor-and-controller-gives-renault-zoe-greater-range/>> [cit. 11. 3. 2021]
- [17] Cigánek, L.: *Elektrické stroje*. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha, 1951. ISBN není
- [18] C. M. Laffoon, A. C. Hagg, C. H. Janthey, P. R. Heller: *Modern Practice in the Balancing of Large Turbine-Generator Rotors*. In Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, pp. 593 - 598. IEEE, New York, 1951. ISBN/ISSN 0096-3860
- [19] S. Muller; M. Deicke; R. W. De Doncker: *Doubly Fed Induction Generator Systems for Wind Turbines*. In IEEE Industry Applications Magazine, pp. 26 - 33. IEEE, New York, 2002. ISBN/ISSN 1077-2618

- [20] Heller, B.; Hamata, V.: *Přídavná pole, síly a ztráty v asynchronním stroji*. Nakladatelství ČSAV, Praha, 1961. ISBN není
- [21] T. Fukami, M. Momiyama, K. Shima, R. Hanaoka, S. Takata: *Steady-State Analysis of a Dual-Winding Reluctance Generator With a Multiple-Barrier Rotor*. In IEEE Transactions on Energy Conversion, pp. 492 - 498. IEEE, New York, 2008. ISBN/ISSN 0885-8969
- [22] Siemens AG: *Synchronous-reluctance drive system*. 2021 [online]
<<https://new.siemens.com/global/en/products/drives/topic-areas/re reluctance-drive-system.html>> [cit. 20. 3. 2021]
- [23] K. Malekian, M. R. Sharif, J. Milimonfared: *An optimal current vector control for synchronous reluctance motors incorporating field weakening*. In IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, pp. 393 - 398. IEEE, New York, 2008. ISBN/ISSN 978-1-4244-1702-5
- [24] Boldea, I.: *Reluctance synchronous machines and drives*. Clarendon Press, Oxford, 1996. ISBN 0-19-859391-0
- [25] Illinois Electric Works Inc.: *Switched reluctance motor repair*. 2016 [online]
<<https://www.illinoiselectric.com/switched-reluctance-motor-repair>> [cit. 21. 3. 2021]
- [26] M. Panait: *Electric Superchargers - the Next Big Thing for the Automotive Industry*. 2014 [online] <<https://www.autoevolution.com/news/electric-superchargers-the-next-big-thing-for-the-automotive-industry-88356.html>> [cit. 21. 3. 2021]
- [27] Komatsu Mining Corp.: *SR (Switched Reluctance) hybrid drive*. 2019 [online]
<<https://mining.komatsu/technology/controls-and-drives/sr-hybrid-drive>> [cit. 21. 3. 2021]
- [28] A. M. Omekanda, C. Broche, M. Renglet: *Calculation of the electromagnetic parameters of a switched reluctance motor using an improved FEM-BIEM-application to different models for the torque calculation*. In IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 914 - 918. IEEE, New York, 1997. ISBN/ISSN 0093-9994
- [29] Aura Systems, Inc.: *Aura - AuraGen*. 2021 [online]
<<https://www.aurasystems.com/auragen.html>> [cit. 21. 3. 2021]
- [30] T. J. Woolmer, M. D. McCulloch: *Analysis of the Yokeless And Segmented Armature Machine*. In IEEE International Electric Machines & Drives Conference, pp. 704 - 708. IEEE, New York, 2007. ISBN/ISSN 1-4244-0742-7
- [31] F. Caricchi, F. Crescimbeni, E. Fedeli, G. Noioa: *Design and construction of a wheel-directly-coupled axial-flux PM motor prototype for EVs*. In Proceedings of IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, pp. 254 - 261. IEEE, New York, 1994. ISBN/ISSN 0-7803-1993-1
- [32] M. Schweiß: *Datei:Transrapid-Versuchsanlage Emsland Stator 01.jpg*. 2004 [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Transrapid-Versuchsanlage_Emsland_Stator_01.jpg> [cit. 22. 3. 2021]
- [33] Transrapid International: *High-Tech for "Flying on the Ground"*. 2011 [online]
<https://www.ncl.ac.uk/media/wwwnclacuk/pressoffice/files/pressreleaseslegacy/TRI_Flug_Hoehe_e_5_021.pdf> [cit. 22. 3. 2021]
- [34] E. Bachelet: *Levitating transmitting apparatus*. 1911 [online]
<<https://patents.google.com/patent/US1020942A/en>> [cit. 22. 3. 2021]

